



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**Τμήμα Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής
και Αγροτικού Περιβάλλοντος**

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

**Αυτοματισμοί στις Αρδεύσεις, τις Γεωργικές Κατασκευές
και στην Εκμηχάνιση της Γεωργίας**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**«Πλήρης και ελλειμματική άρδευση του φυτού
“Τσάι του Βουνού” στον Θεσσαλικό κάμπο
(πρώτη καλλιεργητική περίοδος)»**

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Χ. ΣΚΛΑΒΟΥΝΟΣ

Βόλος, 2016

**«Πλήρης και ελλειμματική άρδευση του φυτού “Τσάι του Βουνού” στον Θεσσαλικό
κάμπο (πρώτη καλλιεργητική περίοδος)»**

**«Full and deficit irrigation on plant “Mountain Tea” in the plain of Thessaly (first
growing season)»**

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

- 1. Μαρία Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, *Επιβλέπουσα.*** Καθηγήτρια του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.
- 2. Ηρακλής Χαλκίδης, *Μέλος.*** Λέκτορας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.
- 3. Ελένη Βογιατζή-Καμβούκου, *Μέλος.*** Αν. Καθηγήτρια του Τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων του ΤΕΙ Λάρισας

Αφιερώνεται στο χωριό μου..

Ευχαριστίες

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο ερευνητικών δραστηριοτήτων που διεξάγονται στο Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής, του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Το θέμα δόθηκε από την Καθηγήτρια του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος, κυρία Μαρία Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη στο πλαίσιο των μεταπτυχιακών μου σπουδών της Σχολής.

Ευχαριστώ την κυρία Μαρία Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη Καθηγήτρια Π.Θ. για την οργάνωση και παρακολούθηση της διατριβής μου σε ολόκληρη την πορεία της, καθώς επίσης και για την πολύτιμη και ουσιαστική συμβολή της στην επίλυση των θεωρητικών προβλημάτων που παρουσιάστηκαν κατά καιρούς.

Ευχαριστίες επίσης θέλω να απονέμω και στον κύριο Ηράκλη Χαλκίδη, Λέκτορα Π.Θ όπως και στην κυρία Ελένη Βογιατζή-Καμβούκου, Αν. Καθηγήτρια του Τμήματος Τεχνολόγων Γεωπόνων του ΤΕΙ Λάρισας για τη συμμετοχή τους στην διόρθωση και αξιολόγηση της διατριβής μου.

Τέλος αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Γιουβάνη Βασίλειο και τον Συμβασιούχο Π.Δ 407/80 κ. Παπανικολάου Χρηστό της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την βοήθεια τους σε όλη τη διάρκεια του πειράματος.

Κωνσταντίνος Σκλαβούνος

Περίληψη

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή μελετήθηκε η επίδραση της πλήρους και της ελλειμματικής άρδευσης στα αναπτυξιακά, παραγωγικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας του φυτού «τσάι του βουνού».

Για την άρδευση του πειραματικού αγροτεμαχίου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της επιφανειακής στάγδην άρδευσης. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε έρευνα στο Αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου το έτος 2015, το οποίο περιλάμβανε ένα πλήρες τυχαιοποιημένο σχέδιο με 4 μεταχειρίσεις σε 3 επαναλήψεις. Λόγω του ότι η μεταπτυχιακή διατριβή ήταν μέρος μιας ευρύτερης έρευνας στην εν λόγω διατριβή μελετήθηκαν 2 από τις 4 μεταχειρίσεις (1. δόση άρδευσης με την οποία καλύπτεται το 100% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας σύμφωνα με την ημερήσια υπολογιζόμενη εξατμισοδιαπνοή με την μέθοδο Penman-Monteith κατά FAO 56 και 2. δόση άρδευσης στην οποία καλύπτεται το 50% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας σύμφωνα με την ημερήσια υπολογιζόμενη εξατμισοδιαπνοή με την μέθοδο P-M κατά FAO 56).

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν αφορούσαν το ύψος των φυτών, το χλωρό και ξηρό βάρος της παραγωγής τους, καθώς και την ανάλυση των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους. Επίσης λαμβάνονταν μετρήσεις μετεωρολογικών δεδομένων (βροχόπτωση, θερμοκρασία αέρα κλπ.) από τον αυτόματο μετεωρολογικό σταθμό του Εργαστηρίου Γεωργικής Υδραυλικής για τον υπολογισμό των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας και πραγματοποιήθηκε στατιστική ανάλυση για την διεξαγωγή αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων.

Λέξεις-κλειδιά: αυτοματισμός και προγραμματισμός αρδεύσεων, πλήρης και ελλειμματική άρδευση, επιφανειακή στάγδην άρδευση, Τσάι του Βουνού.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	1
2. Διαχείριση του νερού.....	2
2.1. Αειφόρος διαχείριση του νερού στη γεωργία.....	2
2.1.1. Δυνατότητα εξοικονόμησης νερού.....	2
2.1.2. Στρατηγικές εξοικονόμησης νερού.....	3
2.2. Η άρδευση των καλλιεργειών.....	5
2.3. Το διαθέσιμο εδαφικό νερό στις καλλιέργειες.....	5
2.3.1. Εδαφική υγρασία.....	5
2.3.2. Προσδιορισμός της εδαφικής υγρασίας.....	6
2.3.3. Συνθήκες υγρασίας του εδάφους.....	8
2.3.3.1. Υδατοϊκανότητα του εδάφους.....	9
2.3.3.2. Σημείο μόνιμης μάρανσης.....	9
2.3.3.3. Διαθέσιμη και ωφέλιμη υγρασία.....	9
2.4. Κατανάλωση νερού από τις καλλιέργειες.....	9
2.4.1. Διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής.....	10
2.4.1.1. Εξάτμιση.....	10
2.4.1.2. Διαπνοή.....	11
2.4.1.3. Εξατμισοδιαπνοή (ET).....	11
2.4.2. Φυτικοί παράγοντες που επιδρούν στο ρυθμό της εξατμισοδιαπνοής.....	12
2.4.2.1. Το είδος του φυτού.....	12
2.4.2.2. Η ανακλαστικότητα του φυλλώματος.....	12
2.4.2.3. Το ποσοστό κάλυψης του εδάφους από το φύλλωμα.....	12
2.4.2.4. Το ύψος των φυτών.....	13
2.4.2.5. Το βάθος και η πυκνότητα του ριζικού συστήματος.....	13
2.4.2.6. Το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας.....	13
2.4.3. Κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή.....	13
2.4.4. Έμμεσες μικροκλιματικές μέθοδοι για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής.....	14
2.4.5. Έμμεσες εμπειρικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής.....	14

2.4.6. Μέθοδοι υπολογισμού της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής ή εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας.....	15
2.4.7. Εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς ΕΤο.....	17
2.4.7.1. Τροποποιημένη μέθοδος των Blaney-Cridle.....	17
2.4.7.2. Μέθοδος των Penman-Monteith.....	18
2.4.8. Άμεσες μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής.....	18
2.5. Απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό.....	19
2.5.1. Προγραμματισμός των αρδεύσεων.....	20
2.6. Μέθοδοι άρδευσης.....	21
2.6.1. Επιφανειακή άρδευση.....	22
2.6.1.1. Κεκλιμένη άρδευση ή μέθοδος άρδευσης με ροή.....	22
2.6.1.2. Οριζόντια άρδευση ή μέθοδο άρδευσης με κατάκλιση.....	22
2.6.2. Άρδευση με τεχνητή βροχή.....	22
2.6.3. Άρδευση με σταγόνες.....	23
Βιβλιογραφία Κεφ. 2.....	24
3. Το «τσάι του βουνού».....	27
3.1. Γενικά	27
3.1.1. Ονομασία-Εκδοχές.....	28
3.1.2. Το τσάι στην Ελλάδα.....	28
3.1.3. Τα Είδη στην Ελλάδα.....	29
3.1.4. Βοτανική περιγραφή.....	32
3.2. Η καλλιέργεια του Τσαγιού.....	32
3.2.1. Πολλαπλασιασμός.....	32
3.2.2. Εγκατάσταση.....	33
3.2.3 Καλλιεργητικοί χειρισμοί.....	34
3.2.4. Ζιζανιοκτονία.....	34
3.2.5. Λίπανση.....	35
3.2.6. Εχθροί και ασθένειες.....	35
3.2.7. Συγκομιδή.....	36
3.2.8. Κόστος.....	37
3.2.9.Αποδόσεις.....	37
3.3. Συστατικά του τσαγιού.....	38
3.3.1. Αιθέρια έλαια.....	38
3.3.2. Φαρμακολογικές ιδιότητες.....	46

Βιβλιογραφία Κεφ. 3.	47
4. Εγκατάσταση πειράματος – υλικά και μέθοδοι.....	49
4.1. Γενικά.....	49
4.2. Καλλιέργεια εδάφους.....	49
4.3. Σύστημα στάγδην Άρδευσης.....	49
4.4. Όργανα και μέθοδοι μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος.....	52
4.4.1. Εξάτμιση και Διαπνοή- Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ETo.....	52
4.4.2. Το μοντέλο Penman-Monteith.....	53
4.4.3. Προσέγγιση του συντελεστή φυτοκαλλιέργειας (Kc).....	54
4.4.4. Εξίσωση FAO Penman-Monteith.....	55
4.4.5. Μετεωρολογικά Δεδομένα.....	56
4.4.6. Πρόγραμμα άρδευσης στο τσάι P-MON FAO 56.....	57
4.5. Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν.....	60
4.5.1. Ύψος φυτών.....	61
4.5.2. Χλωρό και ξηρό βάρος.....	61
4.5.3. Αναλύσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών.....	62
4.5.4. Στατιστική ανάλυση	62
Βιβλιογραφία Κεφ. 3.	63
5. Αποτελέσματα και συζήτηση.....	64
5.1. Κλιματολογικά δεδομένα.....	64
5.2. Αποτελέσματα ανάλυσης ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών της καλλιέργειας.....	65
5.2.1. Ύψος Φυτών.....	65
5.2.2. Μέτρηση χλωρού και ξηρού βάρους.....	66
5.2.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά καλλιέργειας.....	70
6. Συμπεράσματα.....	72
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	74

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα αρωματικά και φαρμακευτικά φυτά κατέχουν ιδιαίζουσα θέση ανάμεσα στους ανθρώπους όλων των λαών κι όλων των εποχών. Το τσάι του βουνού, είδος της τοπικής μας χλωρίδας, ανήκει σε μια σειρά από αρωματικά φυτά και βότανα τα οποία χρησιμοποιούνται για τις φαρμακευτικές ιδιότητές τους, αλλά και για τα δευτερογενή προϊόντα τους, τα αιθέρια έλαια.

Τα είδη του *Sideritis raeseri* αυτοφύονται στις παραμεσόγειες περιοχές σε υψόμετρο άνω των 1000 μέτρων και κυρίως στη χώρα μας. Χρησιμοποιούνται από τον λαό μας, γιατί δίνουν τα αγαπημένα ροφήματα, με το όνομα ελληνικά τσάγια ή τσάγια του βουνού. Σήμερα στην Ελλάδα, το τσάι του βουνού, καλλιεργείται σε 750 περίπου στρέμματα στον Ν. Μαγνησίας, και κυρίως στην Κοινότητα Βρύναινας. Καλλιέργεια, η οποία μιμείται τις φυσικές συνθήκες ανάπτυξής του, για να μην υποβαθμιστεί η ποιότητά του. Αν και αυτό δεν ισχύει πάντοτε μιας και υπάρχουν καλλιέργειες σε πολύ χαμηλά υψόμετρα, όπως αυτά των 20 μέτρων. Πολλαπλασιάζεται κυρίως με παραφυάδες και τα φυτά φυτεύονται κατευθείαν στην τελική τους θέση. Κατάλληλα εδάφη είναι τα μέτριας σύστασης ορεινά ασβεστολιθικά εδάφη, καλά οργωμένα, με ικανότητα στράγγισης της υγρασίας. Η συγκομιδή γίνεται συνήθως τον Ιούλιο, όταν τα φυτά βρίσκονται σε πλήρη άνθιση. Στη συνέχεια η ποσότητα που συγκομίζεται μεταφέρεται για ξήρανση.

Μετά το αποξηραμένο προϊόν συσκευάζεται σε δέματα, καλύπτεται περιμετρικά με λινάτσα, και σ' αυτή την μορφή φυλάσσεται σε αποθήκες που αερίζονται καλά, μέχρι να διατεθεί στο εμπόριο.

Η καλλιεργητική πρακτική βελτιώνεται συνεχώς μέχρι σήμερα, όμως δεν έχει βρεθεί ικανοποιητική λύση σε βασικά θέματα, όπως η ζιζανιοκτονία, η τεχνική συγκομιδής, η λίπανση, η ξήρανση και δεν έχουν μελετηθεί οι επιδράσεις της άρδευσης στην καλλιέργεια.

Έτσι λοιπόν μέσω της συγκεκριμένης έρευνας, που μελετά την επίδραση της πλήρους και της ελλειμματικής άρδευσης στην καλλιέργεια «Τσάι του Βουνού» στον Θεσσαλικό κάμπο, αποσκοπούμε στην διεξαγωγή συμπερασμάτων για την βελτιστοποίηση της χρήσης του αρδευτικού νερού στην εν λόγω καλλιέργεια τόσο στα αναπτυξιακά όσο και στα παραγωγικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της.

2. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

2.1. Αειφόρος διαχείριση του νερού στη γεωργία

Η αειφόρος ή βιώσιμη διαχείριση του νερού (sustainable water management) στη γεωργία έχει ως κυρίαρχο στόχο να συνδυάσει τη διαθεσιμότητα του νερού και τις ανάγκες σε ποσότητα και ποιότητα νερού, με λογικό κόστος και με αποδεκτές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η ενσωμάτωση της αειφόρου διαχείρισης το νερού στη γεωργία εμπλέκει τεχνολογικά προβλήματα, την κοινωνική συμπεριφορά των αγροτικών κοινοτήτων, τους οικονομικούς περιορισμούς, το νομικό και θεσμικό πλαίσιο και τις γεωργικές πρακτικές που εφαρμόζονται (Chartzoulakis and Bertaki, 2015; FAO, 2011).

Στο πλαίσιο της διαχείρισης της ζήτησης του νερού, εστιάζεται με μεγαλύτερη προσοχή ο προγραμματισμός των αρδεύσεων, δηλαδή πότε να γίνει άρδευση και πόση ποσότητα νερού χρειάζεται να προσφερθεί, δίνοντας δευτερεύοντα ρόλο στις μεθόδους άρδευσης. Πολλές παράμετροι, όπως είναι το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας και η ευαισθησία της στην έλλειψη νερού, οι κλιματικές συνθήκες και η διαθεσιμότητα του νερού στο έδαφος, καθορίζουν πότε χρειάζεται να αρδευτεί η καλλιέργεια, η λεγόμενη συχνότητα άρδευσης. Ωστόσο, αυτή η συχνότητα εξαρτάται από τη μέθοδο άρδευσης και, ως εκ τούτου, τόσο ο προγραμματισμός άρδευσης όσο και η μέθοδος άρδευσης είναι αλληλένδετα (Chartzoulakis and Bertaki, 2015; ICID/FAO, 1995).

2.1.1. Δυνατότητα εξοικονόμησης νερού

Σε χώρες με περιορισμένους υδατικούς πόρους, όπου η άρδευση των γεωργικών εκτάσεων απαιτεί περισσότερο από το 70% της χρήσης του νερού, ο ανταγωνισμός με άλλους τομείς για τη χρήση του φυσικού αυτού πόρου μεγαλώνει διαρκώς και θα συνεχίσει έτσι για όσο διάστημα η ζήτηση για νερό αυξάνεται και η ποιότητα του μειώνεται (Fereres and Evans, 2006). Η αναποτελεσματική χρήση του νερού στο γεωργικό τομέα είναι ένα διαβόητο φαινόμενο, ειδικά όταν εκφράζεται με όρους οικονομικής απόδοσης ανά κυβικό μέτρο και συγκρίνεται με άλλους τομείς με υψηλότερη δυνατότητα οικονομικής παραγωγικότητας, όπως είναι η βιομηχανία και ο τουρισμός. Μια βελτίωση της τάξης του 10% της απόδοσης στις αρδευόμενες καλλιέργειες μπορεί να εξασφαλίσει περισσότερο νερό από όσο είναι απαραίτητο για το σύνολο των οικιακών και βιομηχανικών αναγκών μιας χώρας.

Η βελτίωση της αποδοτικότητας της χρήσης νερού (water use efficiency, WUE) ιδιαίτερα στην περιοχή της Μεσογείου αποτελεί επιτακτική ανάγκη και επιβάλλεται από την κρίσιμη κατάσταση στην οποία βρίσκονται οι υδατικοί πόροι που υπάρχουν στην περιοχή, καθώς και από την αύξηση του πληθυσμού (Katerji et al., 2008). Το 2012, στην έκθεση της ευρωπαϊκής ένωσης για τον εντοπισμό δυνατοτήτων εξοικονόμησης νερού στις χώρες της ΕΕ, αναφέρεται ότι η βελτίωση της απόδοσης στην εφαρμογή του νερού μπορεί να εξοικονομήσει από 15 έως 60% της συνολική χρήσης του νερού (Mudgal et al., 2012).

Αποτελέσματα από μελέτες περιπτώσεων σε μεθόδους μεταβλητών ποσοστών άρδευσης έδειξε ότι μπορεί να προκύψει εξοικονόμηση νερού κατά μέσο όρο, σε μακρός χρόνου, από 8 έως 20% (Smith et al., 2010). Οι πρόσφατες εξελίξεις στον τομέα των αρδεύσεων ακριβείας (precision irrigations) έχουν βελτιώσει σημαντικά τις προϋπάρχουσες γνώσεις σχετικά με την ανοχή των καλλιεργειών στην έλλειψη νερού και για την ικανότητα των εδαφών για την παροχή νερού, και έχουν οδηγήσει στην εφαρμογή των ρυθμιζόμενων ελλειμματικών αρδεύσεων, εξοικονομώντας υδατικούς πόρους μεταξύ 15 και 30% (Ruiz-Sanchez et al., 2010).

Η εξοικονόμηση νερού που προκύπτει από τη μη άρδευση των μη καλλιεργούμενων περιοχών του αγρού συμβάλει θετικά στον προγραμματισμό των αρδεύσεων για την κάλυψη των πραγματικών υδατικών απαιτήσεων των καλλιεργειών και την πλήρη βελτιστοποίηση της οικονομικής αξίας του νερού που παρέχεται μέσω της άρδευσης (Sadler et al., 2005). Η παραπάνω δυνατότητα μπορεί να επιτευχθεί μέσω αρδεύσεων ακριβείας, οι οποίες μπορούν να πραγματοποιηθούν από οποιοδήποτε σύστημα το οποίο δύναται να προσδιορίζει το χρονοδιάγραμμα, το μέγεθος και τη χωρική κατανομή κάθε περίπτωσης για την επόμενη άρδευση, έτσι ώστε να προσφέρει την καλύτερη ευκαιρία για την επίτευξη του εποχικού στόχου, δηλαδή μεγιστοποίηση της απόδοσης της σοδειάς, της αποτελεσματικότητας και της αποδοτικότητας της χρήσης του νερού (Smith et al., 2010).

2.1.2. Στρατηγικές εξοικονόμησης νερού

Η διαχείριση των υδατικών αναγκών (water demand management: WDM) συστήνεται ολοένα και περισσότερο ως μια στρατηγική άμβλυνσης των προβλημάτων λειψυδρίας, μέσω μιας ποικιλίας συμμετοχικών μέτρων, περιλαμβάνοντας τα τεχνικά, πολιτικά, θεσμικά, οικονομικά, εκπαιδευτικά εργαλεία με σκοπό την ενημέρωση για την καλύτερη χρήση των υφιστάμενων πόρων, πριν παρατηρηθεί αυξημένη ζήτηση.

Εκτιμάται ότι με τη βελτιωμένη διαχείριση των υδατικών αναγκών μπορεί να καταστήσει δυνατή εξοικονόμηση περίπου ίση με το 25% της ζήτησης νερού (UNEP, 2006). Επίσης, η πρόοδος στην επιστήμη και την τεχνολογία αποτελούν αποδοτικά εργαλεία στον έλεγχο κάθε σταγόνας νερού του υδρολογικού κύκλου.

Στο γεωργικό τομέα, οι αγρότες γνωρίζουν πόσο σημαντικό είναι το νερό για την απόδοση των καλλιεργειών τους και ότι οποιαδήποτε παρουσία έλλειψης νερού έχει αρνητικές συνέπειες στην τελική σοδειά. Όταν οι υδατικές ανάγκες των καλλιεργειών καλύπτονται ικανοποιητικά, η σοδιά ευδοκιμεί. Αλλιώς, η παραγωγή μειώνεται. Επιπλέον, η διαχείριση του νερού αποτελεί μια δυναμική και σύνθετη διαδικασία η οποία απαιτεί τόσο γνώση των υδραυλικών χαρακτηριστικών του συστήματος διανομής νερού, όσο της ποιότητας του εδάφους ενός χωραφιού και του νερού άρδευσης. Ακόμη, απαιτείται γνώση της διαδραστικής διαδικασίας ανάμεσα στα λιπάσματα, στο έδαφος, στο νερό, στα φυτά και την ατμόσφαιρα. Επειδή, όμως, όλα αυτά απαιτούν την ύπαρξη θεωρητικού υποβάθρου στη διαχείριση γεωργικών εκμεταλλεύσεων και την αρδευόμενη γεωργία, προκαλούν φόβο για πιθανές απώλειες στη σοδειά που σχετίζονται με το νερό. Συνεπώς, οδηγούν τους αγρότες σε υπεράρδευση και τους αποτρέπουν από την υιοθέτηση πρακτικών εξοικονόμησης νερού, ιδίως όταν το κόστος της ποσότητας του νερού που θα μπορούσε να σωθεί δεν ξεπερνά εκείνο της επένδυσης της γεωργικής εγκατάστασης. Η τάση αυτή φαίνεται να μη συνεχίζει, καθώς ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες βρίσκονται στην αναζήτηση αποτελεσματικών λύσεων για τη διάσωση των υδατικών πόρων της Ευρώπης (EC, 2012, 2007, 2000).

Η ιστορία της έρευνας επιβεβαιώνει ότι η άρδευση ακριβείας είναι τεχνολογικά εφικτή μέσω αισθητήρων μέτρησης περιβαλλοντικών παραμέτρων και συστημάτων υποστήριξης-λήψης αποφάσεων (Greenwood et al., 2009; McCarthy et al., 2011).

Στις μέρες μας υπάρχει μια ευρεία ποικιλία πιθανών λύσεων που διατίθενται στην αγορά. Ξεκινούν από την πιο απλή περίπτωση βασισμένη σε χειροκίνητες μεθόδους και φτάνουν ως πολύπλοκες περιπτώσεις όπως η δορυφορική απεικόνιση.

Η χρήση τεχνικών από την τεχνητή νοημοσύνη, όπως είναι οι ευφυείς ελεγκτές άρδευσης οι οποίοι βασίζονται σε ασαφή λογική, μπορούν να εκτιμούν το νερό που απαιτείται για την κάλυψη των υδατικών αναγκών των φυτών χρησιμοποιώντας αξιόπιστα μοντέλα άρδευσης, εξισώσεις υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής, περιβαλλοντικές συνθήκες και άλλες παραμέτρους που επηρεάζουν την άρδευση (Ji et al., 2012).

2.2. Η άρδευση των καλλιεργειών

Γενικά, ως άρδευση ορίζεται η διαδικασία τεχνητής παροχή νερού σε καλλιέργειες. Σύμφωνα με τον Stern (1979), άρδευση είναι οποιαδήποτε διαδικασία, εκτός του φυσικού καταιονισμού, η οποία παρέχει νερό στις καλλιέργειες, στους οπωρώνες, στο γρασίδι και σε άλλα καλλιεργούμενα φυτά.

Τα φυτά μπορούν από μόνα τους να παράγουν την δικιά τους τροφή χρησιμοποιώντας φυσικούς πόρους όπως το έδαφος, το νερό, ο αέρας και ήλιος. Μπορούν επίσης να παράγουν περισσότερο από όσο είναι αναγκαίο για την επιβίωση και την αναπαραγωγή τους. Τα φυτά, όμως, δε μπορούν να επιβιώσουν και να παράγουν την τροφή τους χωρίς νερό. Ένας από τους βασικότερους παράγοντες για την εντατικοποίηση της γεωργικής παραγωγής των φυτών είναι η άρδευση. Για να εξοικονομηθούν τα μέγιστα οφέλη από την άρδευση, είναι απαραίτητο να υπολογιστεί η απαιτούμενη ποσότητα νερού η οποία εξαρτάται από κάποιες παραμέτρους, όπως είναι το περιβάλλον, η υδρολογική κατάσταση του υπεδάφους, ο τύπος της καλλιέργειας και το στάδιο της ανάπτυξης (Ali, 2010a).

Σε μια διαρκώς εξελισσόμενη γεωργία, η άρδευση των καλλιεργειών είναι αναγκαίο να προσαρμοστεί σε νέες, πιο αυστηρές διαδικασίες. Η παροχή νερού μέσω μεγάλης κλίμακας αρδευτικών συστημάτων χρειάζεται να είναι πιο αξιόπιστη και ευέλικτη από το παρελθόν.

Μέσω αρχαιολογικών ερευνών έχουν έρθει στο φως στοιχεία τα οποία αποδεικνύουν τη χρήση αρδευτικών μεθόδων στην αρχαιότητα. Ένας τρόπος διαχείρισης του νερού στην Αίγυπτο και τη Μεσοποταμία, πριν από περίπου 8000 χρόνια, ήταν η άρδευση από λεκάνες απορροής (basin irrigation), χρησιμοποιώντας το νερό των πλημμυρισμένων ποταμών Νείλου και Τίγρη-Ευφράτη (Taylor and Ashcroft, 1972).

2.3. Το διαθέσιμο εδαφικό νερό στις καλλιέργειες

2.3.1. Εδαφική υγρασία

Η δομή του εδάφους δεν είναι συμπαγής, καθώς ανάμεσα στα συσσωματώματα του εδάφους υπάρχει ένα δίκτυο αποτελούμενο από πόρους οι οποίοι περιέχουν νερό ή αέρα. Σε περίπτωση που όλοι οι πόροι του εδάφους γεμίσουν με νερό και δεν υπάρχει σε αυτούς καθόλου αέρας, όπως συμβαίνει μετά από μια άρδευση ή μια βροχή, λέμε ότι το έδαφος έφτασε σε κατάσταση κορεσμού (Παπαζαφειρίου, 1984).

Ύστερα από την παρέλευση κάποιου χρόνου μετά την κατάσταση κορεσμού του εδάφους, λόγω της επίδρασης της βαρύτητας, το νερό αρχίζει να στραγγίζει, δηλαδή να απομακρύνεται προς τα κάτω και τη θέση του νερού στους πόρους παίρνει ο αέρας. Το νερό αυτό καταλήγει σε βαθύτερα εδαφικά στρώματα, εκτός της περιοχής του ριζοστρώματος και ονομάζεται νερό βαρύτητας. Το νερό βαρύτητας δεν είναι διαθέσιμο στα φυτά λόγω της ταχείας απομάκρυνσής του από το έδαφος. Το νερό που συγκρατείται από τους μικρότερους πόρους του έδαφους μετά την απομάκρυνση του νερού βαρύτητας, ονομάζεται τριχοειδές νερό. Το νερό αυτό είναι διαθέσιμο στα φυτά, μέσω του ριζικού του συστήματος (Παπαζαφειρίου, 1984).

Η ποσότητα του νερού του εδάφους ελαττώνεται διαρκώς και αυτό που παραμένει συγκρατείται από πολύ ισχυρές δυνάμεις των μορίων του εδάφους. Ύστερα από ένα σημείο, παρόλο που υπάρχει μια ποσότητα νερού στο έδαφος, το έδαφος δείχνει να είναι ξηρό. Οι δυνάμεις του εδάφους οι οποίες συγκρατούν το νερό είναι αρκετά ισχυρές ώστε να υπερνικηθούν από τις ρίζες για να προσλάβουν νερό. Το ελάχιστο παραμένον νερό στο έδαφος ονομάζεται υγροσκοπικό νερό (Παπαζαφειρίου, 1984).

2.3.2. Προσδιορισμός της εδαφικής υγρασίας

Εδαφική υγρασία ή περιεκτικότητα σε νερό ενός δείγματος εδάφους, ορίζεται ως η ποσότητα του νερού που χάνεται από το χώμα κατόπιν ξήρανσης του στους 105οC και εκφράζεται είτε ως ποσοστό ανά μονάδα βάρους του νερού στο ξηρό χώμα είτε ως ποσοστό ανά μονάδα όγκου του νερού στο μεγαλύτερο μέρος του εδάφους (Ali, 2010b).

Βασικό ρόλο σε μία καλή διαχείριση αρδευτικού νερού για γεωργική χρήση παίζει η διαρκής παρακολούθηση και μέτρηση της εδαφικής υγρασίας. Με τον τρόπο αυτό, αποφεύγονται οικονομικές απώλειες λόγω των επιδράσεων της υποάρδευσης και της υπεράρδευσης στην παραγωγή και την ποιότητα, σπατάλη νερού και ενέργειας και έκπλυση των θρεπτικών συστατικών και των χημικών στην επιφάνεια του εδάφους και στα υπόγεια νερά.

Σύμφωνα με τον Ali (2010b), οι τεχνικές μέτρησης της εδαφικής υγρασίας μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο βασικές κατηγορίες:

α) Άμεσες μέθοδοι μέτρησης της εδαφικής υγρασίας.

Οι άμεσες μέθοδοι μέτρησης της εδαφικής υγρασίας περιλαμβάνουν μόνο την τεχνική της βαρυμετρικής μέτρησης της υγρασίας του εδάφους. Η τεχνική της βαρυμετρικής μεθόδου απαιτεί δειγματοληψία εδάφους από το πεδίο και μεταφορά του στο

εργαστήριο για ζύγιση και απομάκρυνση της υγρασίας του θερμαίνοντάς το σε ειδικό κλίβανο ξήρανσης.

β) Έμμεσες μέθοδοι μέτρησης της εδαφικής υγρασίας.

Οι έμμεσες μέθοδοι περιλαμβάνουν διάφορες προσεγγίσεις και τεχνικές προσδιορισμού της εδαφικής υγρασίας, εστιάζοντάς στη μέτρηση ορισμένων φυσικών, χημικών, ηλεκτρικών, θερμικών, ακουστικών ιδιοτήτων του εδάφους. Οι περισσότερες τεχνικές απαιτούν την τοποθέτηση κάποιου σχετικού αισθητήρα, ο οποίος παραμένει μόνιμα τοποθετημένος. Ορισμένες τεχνικές απαιτούν την τοποθέτηση του αισθητήρα κοντά στην επιφάνεια χωρίς παρεμβολές, όπως είναι οι ραδιοσυχνότητες, και κάποιες ακουστικές και θερμικές τεχνικές.

Οι έμμεσες μέθοδοι μέτρησης περιλαμβάνουν τις ακόλουθες μεθόδους (Ali, 2010b; Παπαζαφειρίου, 1984; Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2004):

1. Ραδιολογική μέθοδος.

α) Τεχνική σκεδασμού νετρονίων.

Η τεχνική αυτή μετρά την περιεκτικότητα του εδάφους σε νερό βάσει της μέτρησης της περιεκτικότητάς του σε υδρογόνο, αφού το υδρογόνο στο έδαφος βρίσκεται σαν κύριο συστατικό του νερού στη στερεή, υγρή ή αέρια φάση του εδάφους.

β) Τεχνική απόσβεσης ακτίνων γ.

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην απορρόφηση ακτινοβολίας γ όταν μια δέσμη της ακτινοβολίας αυτής αφηθεί να διέλθει δια μέσου ενός υλικού. Το ποσοστό απορρόφησης ακτινοβολίας γ από το έδαφος αποτελεί ένδειξη της εδαφικής υγρασίας.

2. Ηλεκτρομαγνητική μέθοδος. Τεχνική ανακλασιμετρίας στο πεδίο του χρόνου (TDR).

Ένα ανακλασίμετρο στο πεδίο του χρόνου μετρά τις ανακλάσεις ενός εφαρμοζόμενου παλμού τάσης στο χρόνο. Η εδαφική υγρασία συνίσταται από τη διηλεκτρική σταθερά του μέσου. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα συνίσταται από την εξασθένηση του σήματος της TDR.

3. Μέθοδος πλακιδίων ηλεκτρικής αντίστασης - γύψινων πλακιδίων.

Τα όργανα μέτρησης ηλεκτρικής αντίστασης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση της εδαφικής υγρασίας. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με τη μέτρηση της ηλεκτρικής αντίστασης ανάμεσα σε δυο ηλεκτρόδια τα οποία είναι ενσωματωμένα σε ένα γύψινο ή παρεμφερούς υλικού πλακίδιο.

4. Τενσιομετρική μέθοδος. Με χρήση τενσιομέτρων (τασιμέτρων).

Με τη μέθοδο αυτή μετράται το δυναμικό ή η ενέργεια του νερού του εδάφους. Τα τενσιόμετρα ή τασίμετρα αποτελούνται από ένα κύπελλο από πορώδες υλικό στο κάτω μέρος τους και από ένα μανόμετρο το οποίο μετράει την εδαφική υγρασία.

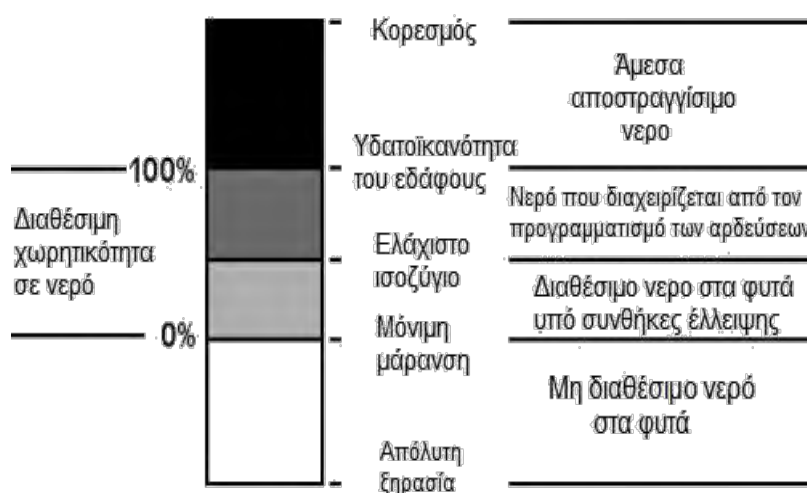
Όταν το έδαφος είναι ξηρό, το νερό μετακινείται από το πορώδες κύπελλο στο έδαφος, δημιουργώντας κενό μέσα στο σωλήνα. Το κενό αυτό μετράται από το μανόμετρο και μεταφράζεται σε εδαφική υγρασία.

Οι Γράβαλος et al. (2006) παρουσιάζουν μια συγκριτική μελέτη διαφόρων αισθητηρίων μέτρησης εδαφικής υγρασίας και παρατηρούν ότι οι αισθητήρες οι οποίοι βασίζονται στη μέθοδο TDR παρουσιάζουν μεγαλύτερη ακρίβεια μέτρησης. Επίσης, κατά τη σύγκριση μετρήσεων που προκύπτουν από τη βαρυμετρική μέθοδο και μετρήσεων που προκύπτουν από αισθητήρες, οι αποκλίσεις δεν είναι σημαντικές.

2.3.3. Συνθήκες υγρασίας του εδάφους

Η διαθέσιμη χωρητικότητα σε νερό και η ικανότητα συγκράτησης του νερού από το έδαφος αποτελούν κρίσιμα χαρακτηριστικά για το σχεδιασμό της διαχείρισης του νερού στην αρδευόμενη γεωργία. Οι λήψεις αποφάσεων για το είδος της καλλιέργειας, τον πληθυσμό των φυτών, τον προγραμματισμό των αρδεύσεων και της λίπανσης, βασίζονται, εν μέρει, στην υδατοϊκανότητα του εδάφους.

Η συνετή διαχείριση των αποφάσεων για άρδευση είναι κρίσιμη για τη διατήρηση της ποσότητας και της ποιότητας των υδατικών πόρων στις αρδευόμενες περιοχές.



Εικόνα 2.1. Στοιχεία της δεξαμενής νερού του εδάφους. Τροποποιημένη. Available at: <http://croptechnology.unl.edu/> [Accessed 28 Mar. 2016].

2.3.3.1. Υδατοϊκανότητα του εδάφους

Ως υδατοϊκανότητα του εδάφους (field capacity, FC) ορίζεται το ποσό του νερού ή της υγρασίας που δύναται να συγκρατεί το έδαφος μετά τη στράγγιση του νερού βαρύτητας.

Ένας πληρέστερος ορισμός της υδατοϊκανότητας είναι το όριο της εδαφικής υγρασίας όπου η τριχοειδής αγωγιμότητα έχει πολύ μικρή τιμή και στην ουσία έχει σταματήσει να κινείται το νερό στο έδαφος. Η τιμή της υγρασίας χρειάζεται τρεις με πέντε περίπου μέρες για να φτάσει στην υδατοϊκανότητα (Παπαζαφειρίου, 1984).

2.3.3.2. Σημείο μόνιμης μάρανσης

Το σημείο μόνιμης μάρανσης (permanent wilting point, PWP) είναι το κατώτατο όριο υγρασίας όπου τα φυτά είναι ανίκανα να πάρουν από το έδαφος όλη την ποσότητα νερού που απαιτείται για να καλύψουν τις ανάγκες τους και αρχίζουν να μαραίνονται. Η κατάσταση αυτή θεωρείται μη αναστρέψιμη για τα φυτά. Το σημείο μόνιμης μάρανσης εξαρτάται από το έδαφος και από το είδος των φυτών, καθώς και από τις κλιματικές συνθήκες που υπάρχουν στην περιοχή (Brouwer et al., 1985; Παπαζαφειρίου, 1984).

2.3.3.3. Διαθέσιμη και ωφέλιμη υγρασία

Ως διαθέσιμη εδαφική υγρασία ορίζεται η ποσότητα του νερού που μπορεί να συγκρατήσει ένα έδαφος ανάμεσα στο σημείο μόνιμης μάρανσης και την υδατοϊκανότητά του. Τα φυτά δε μπορούν να αντλήσουν όλη τη διαθέσιμη εδαφική υγρασία αλλά ένα ποσοστό αυτής. Ο ποσό της διαθέσιμης εδαφικής υγρασίας που μπορεί να εκμεταλλευτεί από τα φυτά, ονομάζεται ωφέλιμη υγρασία (Παπαζαφειρίου, 1984).

2.4. Κατανάλωση νερού από τις καλλιέργειες

Βασικός στόχος της άρδευσης είναι ο εφοδιασμός των καλλιεργούμενων φυτικών ειδών με την κατάλληλη ποσότητα νερού η οποία είναι απαραίτητη για την κανονική ανάπτυξη τους αλλά και για τη επίτευξη της μέγιστης απόδοσης με την υψηλότερη ποιότητα γεωργικών προϊόντων.

Τα φυτά, μέσω του ριζικού τους συστήματος, προσλαμβάνουν νερό μαζί τα αναγκαία θρεπτικά συστατικά, τα οποία βρίσκονται διαλυμένα μέσα σε αυτό. Το νερό

καταλήγει στην ατμόσφαιρα σε μορφή υδρατμών, εφόσον τα στόματα των φύλλων είναι ανοικτά και αφού προηγουμένως ακολουθήσει τη διαδρομή ρίζα-βλαστοί-φυτικοί ιστοί-φύλλα (Παπαζαφειρίου, 1984).

2.4.1. Διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής

Εξατμισοδιαπνοή (evapotranspiration, ET) είναι ο συνδυασμός δύο ξεχωριστών διαδικασιών όπου, το νερό, κατά την πρώτη διαδικασία χάνεται από την επιφάνεια του εδάφους με την εξάτμιση και κατά τη δεύτερη διαδικασία χάνεται από την καλλιέργεια με τη διαπνοή (Allen et al., 1998).



Εικόνα 2.2. Κύκλος του νερού στην επιφάνεια της Γης, παρουσιάζοντας ξεχωριστά τα συστατικά της διαπνοής και της εξάτμισης που αποτελούν την εξατμισοδιαπνοή.

Τροποποιημένη. Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/Evapotranspiration>

[Accessed 28 Mar. 2016].

2.4.1.1. Εξάτμιση

Η διαδικασία κατά την οποία το νερό μετατρέπεται σε ατμούς νερού και μετακινείται από την εξατμιζόμενη επιφάνεια ονομάζεται εξάτμιση. Εξατμιζόμενη επιφάνεια είναι η επιφάνεια του εδάφους. Η διαδικασία της εξάτμισης επηρεάζεται από το βαθμό σκίασης της καλλιέργειας και τη διαθέσιμη ποσότητα νερού στην εξατμιζόμενη επιφάνεια.

2.4.1.2. Διαπνοή

Η διαπνοή αποτελείται από την ατμοποίηση του νερού που περιέχεται στους φυτικούς ιστούς και τη μετακίνηση των ατμών στην ατμόσφαιρα. Οι καλλιέργειες χάνουν το νερό μέσω των στομάτων των φύλλων. Τα στόματα των φύλλων είναι μικρά ανοίγματα στα φύλλα των φυτών από όπου περνούν αέρια και ατμοί. Η διαπνοή επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, ορισμένοι από τους οποίους είναι κάποιοι κλιματικοί παράγοντες, χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, τεχνικές καλλιέργειας κ.α.

2.4.1.3. Εξατμισοδιαπνοή (ET)

Σύμφωνα με τους Allen et al. (1998), η εξάτμιση και η διαπνοή συμβαίνουν ταυτόχρονα και δεν υπάρχει εύκολος τρόπος διάκρισης μεταξύ των δύο διαδικασιών. Εκτός από την διαθεσιμότητα του νερού στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους, η εξάτμιση από το σπαρμένο έδαφος καθορίζεται κυρίως από το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους. Αυτό το μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας μειώνεται κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου, καθώς η καλλιέργεια αναπτύσσεται και οι σκιές των φυλλωμάτων καλύπτουν όλο και περισσότερο την περιοχή του εδάφους.

Σε νεαρές καλλιέργειες, το νερό χάνεται κυρίως λόγω της εξάτμισης του εδάφους. Όταν η καλλιέργεια είναι καλά ανεπτυγμένη και καλύπτει πλήρως το έδαφος, η διαπνοή αποτελεί κύρια διαδικασία.

Κατά τη διάρκεια της σποράς, σχεδόν 100% της εξατμισοδιαπνοής προέρχεται από την εξάτμιση, ενώ σε πλήρη κάλυψη της καλλιέργειας περισσότερο από το 90% της εξατμισοδιαπνοής προέρχεται από τη διαπνοή.

Ο ρυθμός μεταβολής μετράται συνήθως σε χιλιοστά να μονάδα χρόνου (mm per unit time) και εκφράζει την ποσότητα του νερού που χάνεται από μια καλλιεργούμενη επιφάνεια σε μονάδες βάθους του νερού. Η μονάδα χρόνου μπορεί να είναι ώρα, ημέρα, μήνας ή ακόμη η καλλιεργητική περίοδος ή ένα έτος.

Η εκτίμηση και ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής καθώς επίσης και ο προσδιορισμός των εδαφικών σταθερών όπως είναι η χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας, η υδατοϊκανότητα, το σημείο μόνιμης μάρανσης, η διαθέσιμη υγρασία, η ωφέλιμη υγρασία κλπ, αποτελούν πολύτιμα στοιχεία για την έγκαιρη πληροφόρηση για το σωστό προγραμματισμό των αρδεύσεων. Η εφαρμογή ορθολογικά σχεδιασμένης άρδευσης ελαχιστοποιεί τους κινδύνους αστοχίας και μη οικονομικών επενδύσεων. Ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής και το τελικό μέγεθός της επηρεάζονται

από τις κλιματικές συνθήκες και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που διαθέτουν τα φυτά (Παπαζαφειρίου, 1984).

2.4.2. Φυτικοί παράγοντες που επιδρούν στο ρυθμό της εξατμισοδιαπνοής

2.4.2.1. Το είδος του φυτού

Ο τύπος του φυτού, η ποικιλία του και το στάδιο ανάπτυξής του πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν γίνεται προσδιορισμός της εξατμισοδιαπνοής από καλλιέργειες οι οποίες αναπτύσσονται σε μεγάλες εκτάσεις. Οι διαφορές στην αντίσταση, τη διαπνοή, το ύψος της καλλιέργειας, την ανάκλαση κ.α., έχουν ως αποτέλεσμα διαφορετικά επίπεδα εξατμισοδιαπνοής σε διαφορετικούς τύπους καλλιέργειας, κάτω από τις ίδιες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Όπως είναι γνωστό, τα διάφορα είδη φυτών έχουν διαφορές μεταξύ τους όσον αφορά τη δομή του ριζικού τους συστήματος, την εποχή του χρόνου κατά την οποία αναπτύσσονται καθώς και στην πυκνότητα και την έκταση που παρουσιάζει το φύλλωμά τους. Συνεπώς, λόγω των διαφορών αυτών, σε συνάρτηση με τις περιβαλλοντικές συνθήκες, το μέγεθος και ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής διαφοροποιείται από είδος σε είδος (Παπαζαφειρίου, 1984).

2.4.2.2. Η ανακλαστικότητα του φυλλώματος

Το μέγεθος της εξατμισοδιαπνοής επηρεάζεται από το ύψος της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται από τις επιφάνειες στις οποίες προσπίπτει. Η ανακλαστικότητα του φυλλώματος (albedo) καθορίζει το ύψος της ηλιακής ακτινοβολίας και επηρεάζεται από την πυκνότητα καλλιέργειας των φυτών (Παπαζαφειρίου, 1984).

2.4.2.3. Το ποσοστό κάλυψης του εδάφους από το φύλλωμα

Η διαμόρφωση της εξατμισοδιαπνοής επηρεάζεται σημαντικά από το ποσοστό του εδάφους το οποίο καλύπτεται από το φύλλωμα των καλλιεργούμενων φυτών.

Έτσι, όπως είναι αναμενόμενο, η εξατμισοδιαπνοή γίνεται μέγιστη όταν το ποσοστό φυτοκάλυψης είναι 100%. Στην πραγματικότητα, ακόμη και αν το ποσοστό φυτοκάλυψης είναι 50-60%, ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής φτάνει κοντά στο ποσοστό που αντιστοιχεί σε 100% φυτοκάλυψη (Παπαζαφειρίου, 1984).

2.4.2.4. Το ύψος των φυτών

Για τα ψηλότερα φυτά μπορεί να θεωρηθεί ότι δέχονται περισσότερη έμμεση ανοδική ακτινοβολία από το έδαφος σε σχέση με τα χαμηλότερα φυτά και παρατηρείται αύξηση του ρυθμού της εξατμισοδιαπνοής (Παπαζαφειρίου, 1984).

2.4.2.5. Το βάθος και η πυκνότητα του ριζικού συστήματος

Η εξατμισοδιαπνοή επηρεάζεται έμμεσα από το βάθος και την πυκνότητα του ριζικού συστήματος. Σε περιοχές με ξηρό και ημίξηρο κλίμα και συνεκτικά εδάφη, τα φυτά που διαθέτουν πυκνό και βαθύ ριζικό σύστημα, μπορούν να αξιοποιήσουν ευκολότερα την υγρασία του εδάφους, σε αντίθεση με άλλα φυτά (Παπαζαφειρίου, 1984).

2.4.2.6. Το στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας

Κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου των φυτών, ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής μεταβάλλεται διαρκώς. Αρχικά, από το φύτευμα μέχρι την πλήρη ανάπτυξη η εξατμισοδιαπνοή αυξάνει γρήγορα. Στη συνέχεια, διατηρείται σταθερή για ένα χρονικό διάστημα μέχρι το στάδιο συλλογής των καρπών και μετά ελαττώνεται (Allen et al., 1998).

2.4.3. Κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή

Οι κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν βασικά το φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής είναι η διαθέσιμη ηλιακή ενέργεια και η αεροδυναμική κατάσταση της ατμόσφαιρας. Έτσι, ρυθμίζεται η ταχύτητα απομάκρυνσης των υδρατμών από την περιοχή του φυλλώματος και προσδιορίζεται ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής.

Συνεπώς, για μια κανονικά αναπτυσσόμενη καλλιέργεια, της οποίας το φύλλωμα καλύπτει σχεδόν ολόκληρη την επιφάνεια του εδάφους, το μέγεθος της εξατμισοδιαπνοής εξαρτάται από το κλίμα που υπάρχει στην περιοχή και ιδιαιτέρως από τη λανθάνουσα θερμότητα, την καθαρή ακτινοβολία, την ταχύτητα του ανέμου, τη σχετική υγρασία, τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και τέλος τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας. Τα μεγέθη αυτά συνδέονται με τη μαθηματική έκφραση του ενεργειακού ισοζυγίου της γης, όπως φαίνεται παρακάτω (Παπαζαφειρίου, 1984):

$$R_n + H + LE + G = 0 \quad (2.1)$$

Όπου:

R_n : Η καθαρή ακτινοβολία που παραμένει στη γη

H : Η ροή θερμότητας σε $\text{cal/cm} \cdot \text{min}^2$

LE : Η λανθάνουσα θερμότητα

G : Η κατακόρυφη μεταφορά της θερμότητας

2.4.4. Έμμεσες μικροκλιματικές μέθοδοι για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής

Με απώτερο σκοπό τη σύγκριση των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από τη χρησιμοποίηση διαφόρων μεθόδων που υπολογίζουν την εξατμισοδιαπνοή, δημιουργήθηκε ο όρος της δυναμικής ή δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (Potential evapotranspiration - E_{Tp}). Με τον όρο αυτό εκφράζεται η συνολική ποσότητα του νερού που καταναλώνεται από μια καλλιέργεια χαμηλού ύψους ανάπτυξης, αλλά με φύλλωμα που καλύπτει ολόκληρη την επιφάνεια του εδάφους και τη δυνατότητα να αντλείται από το έδαφος όση ποσότητα νερού είναι αναγκαία για την καλλιέργεια. Συνεπώς, η εξατμισοδιαπνοή αυτή επηρεάζεται κυρίως από τις συνθήκες του κλίματος της περιοχής ανάπτυξης της καλλιέργειας (Παπαζαφειρίου, 1984).

Επίσης, υπάρχουν και οι μικροκλιματικές μέθοδοι για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής και αναλόγως με τα στοιχεία που χρειάζονται, διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- α) Στην αεροδυναμική μέθοδο, η οποία λαμβάνει κυρίως υπόψη το μηχανισμό με τον οποίο μεταφέρονται οι υδρατμοί από την περιοχή του φυλλώματος των καλλιεργειών.
- β) Στη μέθοδο του ισοζυγίου της ενέργειας, βάσει της εκτίμησης της λανθάνουσας θερμότητας.
- γ) Σε μεθόδους συνδυασμού των δύο προηγούμενων.

2.4.5. Έμμεσες εμπειρικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής

Όταν πρόκειται να κατασκευαστούν αρδευτικά δίκτυα, απαιτείται η εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής της περιοχής. Είναι αναγκαίο η εκτίμηση αυτή να γίνει με έμμεσες εμπειρικές μεθόδους για δύο βασικούς λόγους. Ο πρώτος έχει σχέση με το είδος, τη

διαθεσιμότητα και την αξιοπιστία των κλιματικών στοιχείων που υπάρχουν στην περιοχή και ο δεύτερος με την έκταση της πηγής που θα εξυπηρετηθεί από καθορισμένη παροχή νερού.

Είναι αναμενόμενο ότι τα αποτελέσματα των υπολογισμών των εμπειρικών μεθόδων για την εξατμισοδιαπνοή διαφέρουν αριθμητικά από τα μεγέθη της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας ETc, καθώς αυτή διαμορφώνεται από το συνδυασμό των συνθηκών περιβάλλοντος και της καλλιέργειας.

Μια από τις βασικές θεωρητικές, εμπειρικές, έμμεσες και άμεσες μεθόδους που έχουν εφαρμοστεί κατά καιρούς για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς αλλά και της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής αποτελεί η απλοποιημένη μέθοδος Blaney-Criddle. Η μέθοδος αυτή υπολογίζει την πραγματική εξατμισοδιαπνοή ως συνάρτηση διαφόρων παραγόντων. Η μαθηματική διατύπωση της σχέσης αυτής είναι (Παπαζαφειρίου, 1984):

$$ET = K \cdot F \quad (2.2)$$

Όπου:

K= Ο εποχιακός φυτικός συντελεστής.

F=Κλιματικός παράγοντας που υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\sum_{j=1}^n [0.46 \cdot T_j + 8.16] \cdot p_j \quad (2.3)$$

Όπου:

Tj: Η μέση θερμοκρασία κάθε μήνα της βλαστικής περιόδου (οC).

pj: Ο μηνιαίος παράγοντας που εκφράζει τη μηνιαία διάρκεια της ημέρας σαν ποσοστό της αντίστοιχης ετήσιας διάρκειας.

2.4.6. Μέθοδοι υπολογισμού της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής ή εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας

Ο υπολογισμός της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής ή της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας (crop evapotranspiration) είναι θεμελιώδους σημασίας και ουσιαστικά αποτελεί τη συνολική ποσότητα του νερού που χάνεται σε ένα χωράφι, σε οποιαδήποτε καλλιέργεια φυτών. Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας ETc αναφέρεται στις πραγματικές ανάγκες των φυτών σε νερό και επηρεάζεται από:

- Τις κλιματικές συνθήκες.
- Τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας
- Τις τοπικές συνθήκες.

- Την εφαρμοζόμενη τεχνική καλλιέργειας.

Οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής καθορίζουν την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ET_o . Η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς είναι ανεξάρτητη από το είδος της καλλιέργειας και για τον υπολογισμό της χρησιμοποιούνται μέθοδοι που παρουσιάζονται παρακάτω. Σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας, διαμορφώνεται ο συντελεστής καλλιέργειας (crop coefficient) K_c , ο οποίος είναι μια σταθερά αναλογία που συνδέει την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ET_o με την εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας ET_c , όπως φαίνεται στην παρακάτω σχέση:

$$ET_c = K_c \cdot ET_o \quad (2.4)$$

Όπου:

ET_c : Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας (mm day⁻¹).

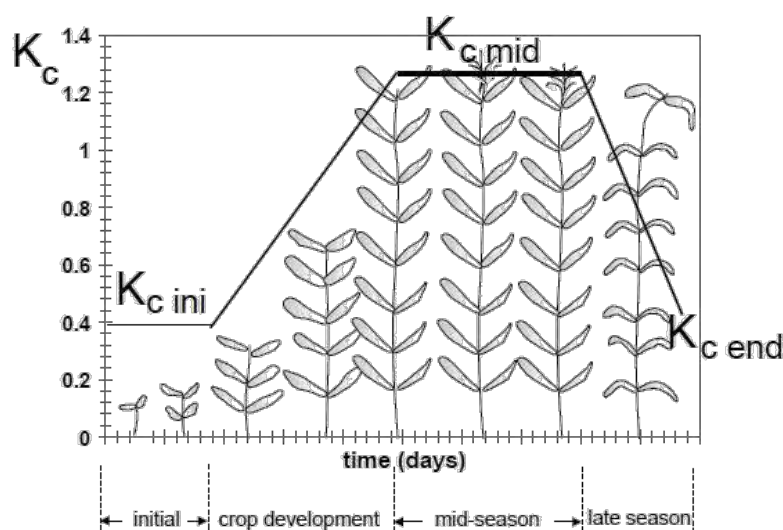
K_c : Ο συντελεστής καλλιέργειας.

ET_o : Η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (mm day⁻¹).

Η καλλιεργητική περίοδος ενός φυτού φαίνεται στην Εικόνα 2.3 και αποτελείται από τέσσερα στάδια:

- Αρχικό στάδιο ανάπτυξης (initial).
- Στάδιο ανάπτυξης της καλλιέργειας (crop development).
- Μέσο στάδιο ανάπτυξης (mid-season).
- Τελικό στάδιο ανάπτυξης (late season).

Η διάρκεια του κάθε σταδίου ποικίλει ανάλογα με το είδος του φυτού και την χρονική περίοδο έναρξης της καλλιέργειας.



Εικόνα 2.3. Γενική καμπύλη μεταβολής του συντελεστή καλλιέργειας κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου (Allen et al., 1998, fig. 25).

Σύμφωνα με τον Ali (2010b), ο συντελεστής καλλιέργειας K_c εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Το είδος της καλλιέργειας.
- Το στάδιο και τη φάση ανάπτυξης του φυτού.
- Το ποσοστό κάλυψης του εδάφους από την καλλιέργεια.
- Το σύστημα διαχείρισης (χαμηλή ή υψηλή διαχείριση).
- Τις τοπικές κλιματικές συνθήκες.
- Τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου ή μεμονωμένου σταδίου καλλιέργειας.
- Τη συχνότητα των βροχοπτώσεων και της άρδευσης.
- Το ιστορικό άρδευσης κατά την πρώιμη φάση της ανάπτυξης.
- Τη μέθοδο υπολογισμού της ET_o .

2.4.7. Εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς ET_o

Υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις και μοντέλα για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς ET_o που έχουν παρουσιαστεί τα τελευταία χρόνια. Οι μέθοδοι αυτές βασίζονται σε μετρημένες μετεωρολογικές παραμέτρους. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες από τις βασικότερες μεθόδους εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς.

2.4.7.1. Τροποποιημένη μέθοδος των Blaney-Cridle

Η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς υπολογίζεται σύμφωνα με τη μέθοδο Blaney-Cridle από τη σχέση (Allen and Pruitt, 1986):

$$ET_o = p \cdot (0.46 \cdot T + 8) \quad (2.5)$$

Όπου:

ET_o : Η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (mm day⁻¹).

T : Η μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα (°C).

p : Το μέσο ημερήσιο ποσοστό ωρών της ημέρας.

Η βασική μετεωρολογική παράμετρος της μεθόδου αυτής είναι η θερμοκρασία του αέρα. Συνεπώς, η χρήση της δε συνίσταται για ακριβείς υπολογισμούς, ιδίως σε παράκτιες περιοχές (Παπαζαφειρίου, 1984).

Επίσης, σύμφωνα με τον Παπαζαφειρίου (1984) άλλες μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς είναι η τροποποιημένη μέθοδος του Makkink, η τροποποιημένη μέθοδος του Penman και η τροποποιημένη μέθοδος του εξατμισόμετρου

2.4.7.2. Μέθοδος των Penman-Monteith

Ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) των Ηνωμένων Εθνών, έχει προτείνει την δημοφιλή και ευρέως γνωστή εξίσωση των Penman-Monteith, (Allen et al., 1998), ως την πλέον κατάλληλη μέθοδο υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς ETo.

Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος για να αξιολογηθεί η εξατμισοδιαπνοή οποιασδήποτε καλλιέργειας χρησιμοποιεί την εξίσωση Penman-Monteith για τον υπολογισμό της τιμής της ETo.

Η εξίσωση που εκφράζει την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ETo από τους Penman-Monteith είναι:

$$ET_o = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 \cdot u_2)} \quad (2.6)$$

Όπου:

ETo: Η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς (mm day⁻¹).

Rn: Η καθαρή ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια των φυτών (MJ m⁻² day⁻¹).

G: Το ισοζύγιο θερμότητας του εδάφους (MJ m⁻² day⁻¹).

T: Η μέση ημερήσια θερμοκρασία αέρα στα 2m ύψος (°C).

u₂: Η ταχύτητα του ανέμου στα 2m ύψος (m·s⁻¹).

e_s: Η πίεση κορεσμένων ατμών του αέρα (kPa).

e_a: Η πίεση ατμών του πραγματικού αέρα (kPa).

e_s - e_a: Το έλλειμα κορεσμού υδρατμών (kPa).

Δ: Η κλίση της καμπύλης πίεσης κορεσμού των ατμών του αέρα (kPa·°C⁻¹).

γ: Ψυχομετρική σταθερά (kPa·°C⁻¹).

2.4.8. Άμεσες μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής

Οι άμεσες μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής βασίζονται στην άμεση εποπτεία της ποσότητας του νερού που εισέρχεται στο έδαφος με άρδευση ή βροχή.

Καθώς επίσης και στην καταγραφή της μεταβολής της εδαφικής υγρασίας κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των φυτών.

Οι βασικότερες άμεσες μέθοδοι υπολογισμού της εξατμισοδιαπνοής σύμφωνα με τον Παπαζαφειρίου (1984) είναι:

1. Μέθοδος των πειραματικών αγροτεμαχίων.
2. Μέθοδος των επαναληπτικών δειγματοληψιών.
3. Μέθοδος του ισοζυγίου της υγρασίας.
4. Μέθοδος του λυσιμέτρου.

2.5. Απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό

Η ποσότητα νερού η οποία απαιτείται για να καλυφθούν οι απώλειες λόγω της εξατμισοδιαπνοής μιας καλλιεργούμενης έκτασης ορίζεται ως απαίτηση της καλλιέργειας σε νερό. Μολονότι οι τιμές της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας και της απαίτησης της καλλιέργειας σε νερό είναι πανομοιότυπες, η απαίτηση της καλλιέργειας σε νερό αναφέρεται στην ποσότητα του νερού που απαιτείται να προσφερθεί, ενώ η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας αναφέρεται στην ποσότητα του νερού που χάνεται λόγω της εξατμισοδιαπνοής. Βασικά, η απαίτηση σε νερό άρδευσης αναπαριστά τη διαφορά μεταξύ τη απαίτησης της καλλιέργειας σε νερό και της ωφέλιμης βροχόπτωσης (Allen et al., 1998).

Οι απαιτήσεις των καλλιεργειών σε νερό μπορούν να καλυφθούν με φυσικό τρόπο, όπως είναι η βροχή, το υπόγειο νερό και το διαθέσιμο εδαφικό νερό το οποίο βρίσκεται αποθηκευμένο στη ζώνη του ριζοστρώματος. Επειδή, όμως, στις περισσότερες περιπτώσεις οι ανάγκες των καλλιεργειών δε δύνανται να καλυφθούν με φυσικό τρόπο, πρέπει να παρασχεθεί πρόσθετο νερό με άρδευση (Brouwer and Heibloem, 1986; Παπαζαφειρίου, 1984).

Συνεπώς, οι καθαρές απαιτήσεις των καλλιεργειών σε αρδευτικό νερό μπορούν να υπολογιστούν από τη σχέση:

$$I_n = ET_c - P_e - G_w - SM \quad (2.7)$$

Όπου:

I_n : Καθαρές ανάγκες σε αρδευτικό νερό (mm·day⁻¹).

ET_c : Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (mm·day⁻¹).

P_e : Το ωφέλιμο μέρος της βροχής (mm·day⁻¹).

G_w : Η συμβολή του υπόγειου νερού (mm·day⁻¹).

SM: Το νερό στη ζώνη του ριζοστρώματος στην έναρξη της περιόδου καλλιέργειας και είναι διαθέσιμο στις καλλιέργειες (mm·day⁻¹).

Για την πλήρη κάλυψη των απαιτήσεων των καλλιεργειών σε νερό με άρδευση, εκτός από τις καθαρές ανάγκες σε νερό, απαιτούνται πρόσθετες ποσότητες νερού για την έκλυση των αλάτων του ριζοστρώματος και την αντιμετώπιση των απωλειών που προκύπτουν κατά τη μεταφορά του νερού στο χωράφι.

Άρα, οι συνολικές απαιτήσεις των καλλιεργειών σε αρδευτικό νερό υπολογίζονται από τη σχέση (Παπαζαφειρίου, 1984):

$$I_t = \frac{I_n}{E \cdot (1 - LR)} \quad (2.8)$$

Όπου:

I_t : Συνολικές απαιτήσεις των καλλιεργειών σε αρδευτικό νερό (mm day⁻¹).

E : Η αρδευτική αποδοτικότητα.

LR : Ο συντελεστής έκπλυσης αλάτων.

2.5.1. Προγραμματισμός των αρδεύσεων

Η διαθεσιμότητα του νερού είναι ένας μεγάλης σημασίας παράγοντας περιορισμού της αγροτικής παραγωγής στις περισσότερες περιοχές του κόσμου. Έτσι, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η ανεπαρκής και μη ομοιόμορφες βροχοπτώσεις, η χαμηλή υδατοϊκανότητα των περισσότερων εδαφών και η ευαισθησία των περισσότερων καλλιεργειών στην έλλειψη νερού με επακόλουθες οικονομικές απώλειες, έχουν αποτέλεσμα στην ανάγκη χρήσης άρδευσης.

Αντικείμενο της άρδευσης είναι η διατήρηση μια πλήρους επαρκούς ποσότητας νερού στη ρίζα του φυτού για την κατάλληλη ανάπτυξή του, χωρίς να γίνεται ύγρανση του εδάφους σε επίπεδο κορεσμού, σε τέτοιο βαθμό που ο αέρας να μη μπορεί να φτάσει στις ρίζες. Η εφαρμογή του αρδευτικού νερού πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να χρησιμοποιείται με τη μεγαλύτερη αποδοτικότητα και αποτελεσματικότητα από τα φυτά (Brouwer et al., 1990).

Η σημασία του προγραμματισμού των αρδεύσεων είναι μεγάλη. Το βασικό πρόβλημα των αρδεύσεων εντοπίζεται στο πότε απαιτείται άρδευση και σε ποια ποσότητα. Η αποτελεσματική χρήση του νερού βασίζεται στην έγκαιρη εφαρμογή του νερού στην κατάλληλη ποσότητα στον κατάλληλο χρόνο με την κατάλληλη μέθοδο. Εν ολίγοις, προγραμματισμός άρδευσης σημαίνει πότε θα γίνει άρδευση και πόση ποσότητα νερού θα προσφερθεί στην καλλιέργεια.

Σύμφωνα με τον κατάλληλα τροποποιημένο τύπο για μετρικά μεγέθη των Brouwer et al. (1990), ο απαιτούμενος χρόνος για να προσφερθεί η επιθυμητή ποσότητα νερού άρδευσης δίνεται από τη σχέση:

$$t = \frac{0.06 \cdot ET_c \cdot A}{Q} \quad (2.9)$$

Όπου:

t: Ο χρόνος άρδευσης (min)

ET_c: Η τιμή της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας ή το επιθυμητό βάθος άρδευσης (mm·day⁻¹)

A: Το εμβαδό της έκτασης που πρόκειται να αρδευτεί (m²)

Q: Η σταθερή παροχή του νερού (m³·h⁻¹)

Ο κατάλληλος προγραμματισμός άρδευσης ελαχιστοποιεί τα παρακάτω:

- Τη χαμηλή απόδοση της παραγωγής.
- Τη σπατάλη του νερού και της ενέργειας.
- Το κόστος άρδευσης.
- Την έκπλυση των θρεπτικών συστατικών.
- Τη μόλυνση της επιφάνειας των υπογείων υδάτων με χημικά.
- Την απαίτηση στράγγισης.
- Τις επιπτώσεις στο περιβάλλον και τη δημόσια υγεία.

2.6. Μέθοδοι άρδευσης

Οι διάφοροι τρόποι με τους οποίους εφαρμόζεται αρδευτικό νερό στο έδαφος ονομάζονται μέθοδοι άρδευσης. Οι μέθοδοι αυτοί συνδέονται με τις εδαφικές, κλιματικές και υδρολογικές συνθήκες, την τοπογραφική διαμόρφωση που έχει η επιφάνεια του εδάφους, το είδος των καλλιεργούμενων φυτών και τη γεωργική και τεχνική ανάπτυξης που συντελείται στον τομέα των αρδεύσεων.

Μια άρδευση κρίνεται επιτυχής όταν (Παπαζαφειρίου, 1984; Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2004):

- Παρέχει στο χωράφι ικανή ποσότητα νερού ώστε η υγρασία που υπάρχει στη ζώνη του ριζοστρώματος να φτάσει στην υδατοϊκανότητα και να εφοδιάσει το έδαφος με ποσότητα νερού ίση με την ωφέλιμη υγρασία.

- Περιορίζει στο ελάχιστο τις επιφανειακές απώλειες από τη βαθιά διήθηση ώστε η αποδοτικότητα της εφαρμογής αρδευτικού νερού να φτάνει στο 100%.
- Εφαρμόζει ομοιόμορφη ποσότητα νερού στην επιφάνεια του αγρού για όσο χρόνο απαιτείται για να διηθηθεί στο έδαφος ποσότητα νερού ίση με την ωφέλιμη υγρασία.

Ανάλογα με τον τρόπο εφαρμογής τους, οι μέθοδοι άρδευσης διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

2.6.1. Επιφανειακή άρδευση

Κατά την επιφανειακή άρδευση το νερό εφαρμόζεται στον αγρό έτσι ώστε να διηθηθεί κατά τη διάρκεια της ροής ή κατά την παραμονή του στην επιφάνεια του εδάφους. Οι μέθοδοι επιφανειακής άρδευσης διακρίνονται στην κεκλιμένη άρδευση και στην οριζόντια άρδευση (Ali, 2011; Παπαζαφειρίου, 1984; Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2004).

2.6.1.1. Κεκλιμένη άρδευση ή μέθοδος άρδευσης με ροή.

Η κεκλιμένη άρδευση περιλαμβάνει:

- Τη μέθοδο της περιορισμένης διάχυσης ή των παράλληλων λωρίδων
- Τη μέθοδο των αυλάκων

Το νερό στην κεκλιμένη άρδευση εφαρμόζεται στο άκρο των λωρίδων ή των αυλακιών, ρέει στην επιφάνεια του εδάφους και διηθείται μέσα στο έδαφος.

2.6.1.2. Οριζόντια άρδευση ή μέθοδος άρδευσης με κατάκλιση.

Στη μέθοδο αυτή, η επιφάνεια του χωραφιού πρέπει να είναι οριζόντια. Το χωράφι χωρίζεται σε μικρές οριζόντιες λεκάνες, με τη βοήθεια χωμάτινων αναχωμάτων, οι οποίες πληρώνονται με νερό μέχρι αυτό να φτάσει σε βάθος ίσο με το συνολικό βάθος της άρδευσης.

Στη συνέχεια, διακόπτεται η παροχή του νερού και το νερό παραμένει πάνω στη επιφάνεια του εδάφους ακίνητο και διηθείται σιγά-σιγά μέσα στο έδαφος.

Για την εφαρμογή των παραπάνω μεθόδων απαιτούνται:

- Μεγάλη παροχή νερού
- Κατάλληλα προετοιμασμένο προς άρδευση έδαφος.
- Έδαφος χαμηλής υδατοπερατότητας, χωρίς απότομες κλίσεις.

2.6.2. Άρδευση με τεχνητή βροχή

Κατά τη μέθοδο άρδευσης με τεχνητή βροχή ή καταιονισμό, η εφαρμογή του νερού άρδευσης γίνεται σαν απομίμηση της φυσικής βροχής. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται με επιτυχία σε όλα τα είδη των καλλιεργούμενων φυτών.

Η διαδικασία του καταιονισμού πραγματοποιείται από ειδικά μηχανικά εξαρτήματα, τα οποία ονομάζονται καταιονιστήρες ή εκτοξευτήρες, και το νερό άρδευσης διασπείρεται ομοιόμορφα σε όλη την επιφάνεια του εδάφους (Ali, 2011; Παπαζαφειρίου, 1984).

2.6.3. Άρδευση με σταγόνες

Στη μέθοδο άρδευσης με σταγόνες ή στάγδην άρδευσης, μικρές ποσότητες νερού υπό τη μορφή σταγόνων εφαρμόζονται στο έδαφος. Με τον τρόπο αυτό, ξεχωριστά κάθε φυτό λαμβάνει την απαραίτητη υγρασία η οποία είναι αναγκαία για την κανονική του ανάπτυξη.

Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για περιπτώσεις όπου η διαθέσιμη παροχή άρδευσης είναι μικρή και δε μπορούν να εφαρμοστούν άλλες μέθοδοι άρδευσης. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται για την άρδευση λαχανικών, αμπελώνων κ.α. καθώς βασικό πλεονέκτημά της είναι η δυνατότητα επέκτασής τους σε άλλες γραμμικές καλλιέργειες (Παπαζαφειρίου, 1984; Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2004).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Ali, M.H., 2011. Practices of Irrigation & On-Farm Water Managment: Volume 2. Springer, New York.
- Ali, M.H., 2010a. Fundamentals of Irrigation and On-farm Water Management: Volume 1. Springer New York, New York, NY.
- Ali, M.H., 2010b. Practices of Irrigation & On-Farm Water Managment: Volume 1. Springer, New York.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements - FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Irrigation and Drainage 300, 300.
- Allen, R.G., Pruitt, W.O., 1986. Rational Use of The FAO Blaney-Criddle Formula. Journal of Irrigation and Drainage Engineering 112, 139–155.
- Brouwer, C., Goffeau, A., Heibloem, M., 1985. Irrigation Water Management: Introduction to Irrigation. Training Manual No.1, Training M. ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Brouwer, C., Heibloem, M., 1986. Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs. Training manual No.3. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Brouwer, C., Prins, K., Kay, M., Heibloem, M., 1990. Irrigation Water Management: Irrigation Methods. Training manual No.5. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Chartzoulakis, K., Bertaki, M., 2015. Sustainable Water Management in Agriculture under Climate Change. Agriculture and Agricultural Science Procedia 4, 88–98.
- EC, 2012. A Blueprint to Safeguard Europe's Water Resources. Communication from

- the Commission to the Council and the European Parliament.
- EC, 2007. Addressing the Challenge of Water Scarcity and Droughts in the European Union. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament.
- EC, 2000. Water Framework Directive-Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy.
- FAO, 2011. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture (SOLAW)-Managing Systems at Risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London.
- Fereres, E., Evans, R.G., 2006. Irrigation of Fruit Trees and Vines: An Introduction. *Irrigation Science* 24, 55–57.
- Greenwood, D.J., Zhang, K., Hilton, H.W., Thompson, A.J., 2009. Opportunities for Improving Irrigation Efficiency with Quantitative Models, Soil Water Sensors and Wireless Technology. *The Journal of Agricultural Science* 148, 1–16.
- ICID/FAO, 1995. Irrigation Scheduling: From Theory to Practice : Proceedings of the ICID/FAO Workshop on Irrigation Scheduling, Rome, Italy, 12-13 September 1995. Rome.
- Ji, R., Qi, L., Huo, Z., 2012. Design of Fuzzy Control Algorithm for Precious Irrigation System in Greenhouse, in: Li, D., Chen, Y. (Eds.), CCTA 2011, Part III, IFIP AICT 370. IFIP International Federation for Information Processing, pp. 278–283.
- Katerji, N., Mastrorilli, M., Rana, G., 2008. Water Use Efficiency of Crops Cultivated in the Mediterranean Region: Review and Analysis. *European Journal of Agronomy* 28, 493–507.
- McCarthy, N., Lipper, L., Branca, G., 2011. Climate-Smart Agriculture: Smallholder Adoption and Implications for Climate Change Adaptation and Mitigation (No. 4), Mitigation of Climate Change in Agriculture Series. Rome, Italy.
- Mudgal, S., Tan, A., Lockwood, S., Eisenmenger, N., Fischer-Kowalski, M., Giljum, S., Brûcker, M., 2012. Assessment of Resource Efficiency Indicators and Targets. Final Report Prepared for the European Commission, DG Environment.

Paris.

- Ruiz-Sanchez, M.C., Domingo-Miguel, R., Castel-Sanchez, J.R., 2010. Review. Deficit Irrigation in Fruit Trees and Vines in Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research* 8, 5–20.
- Sadler, E.J., Evans, R.G., Stone, K.C., Camp, C.R., 2005. Opportunities for Conservation with Precision Irrigation. *Journal of Soil and Water Conservation* 60, 371–378.
- Smith, R.J., Baillie, J.N., McCarthy, A.C., Raine, S.R., Baillie, C.P., 2010. Review of Precision Irrigation Technologies and Their Application. NCEA Publication 1003017.
- Stern, P.H., 1979. *Small Scale Irrigation. A Manual of Low-Cost Water Technology.* Intermediate Technology Publications Ltd., London.
- Taylor, S.A., Ashcroft, G.L., 1972. *Physical Edaphology: The Physics of Irrigated and Nonirrigated Soils.* W.H. Freeman, San Francisco, CA.
- UNEP, 2006. *UNEP Annual Report.*
- Γράβαλος, Ι., Ντιούδης, Π., Φιλίντας, Α., Κατέρης, Δ., Δημητριάδης, Χ., 2006. Συγκριτική Μελέτη Αισθητήρων Μέτρησης Εδαφικής Υγρασίας, in: *Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Επιστημονικού Συνεδρίου Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (Ε.Υ.Ε.), 13-16 Δεκεμβρίου, Ξάνθη, Τόμος Β΄.* pp. 837–844.
- Παπαζαφειρίου, Ζ.Γ., 1984. *Αρχές και Πρακτική των Αρδεύσεων.* Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ., 2004. *Σημειώσεις Αρδεύσεων.* Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.

3. ΤΟ «ΤΣΑΙ ΤΟΥ ΒΟΥΝΟΥ»

3.1 Γενικά

Το τσάι του βουνού ανήκει στην οικογένεια των χειλανθών (Lamiaceae) και στο γένος *Sideritis*, το οποίο περιλαμβάνει περίπου 150 είδη, που βρίσκονται κυρίως στις παραμεσόγειες χώρες. Το επιστημονικό του όνομα είναι *Sideritis* spp (εικ.1) (Gonzalez-Burgos E. et al.,2011). Τα περισσότερα είδη του γένους *Sideritis* αποτελούνται από πολυετή ποώδη φυτά, τα οποία αυτοφύονται σε χώρες της Μεσογείου, ενώ πολλά είδη του γένους αυτού υπάρχουν και στην Ασία. Στην περιοχή της Μεσογείου, όπου φαίνεται να είναι και το κέντρο καταγωγής του φυτού, έχουν καταγραφεί πάνω από 100 διαφορετικά είδη του γένους *Sideritis*. Η μεγαλύτερη ποικιλία ειδών συναντάται στην Ιβηρική Χερσόνησο, με 45 τουλάχιστον είδη τα περισσότερα των οποίων είναι ενδημικά, ενώ 14 από αυτά απειλούνται σήμερα με εξαφάνιση.



Εικόνα 1: Τσάι ανθισμένο.

Χώρες πλούσιες σε πληθυσμούς και ποικιλία ειδών είναι επίσης η Ελλάδα, η Ιταλία και χώρες των ακτών της βόρειας Αφρικής. Χρήση για την παρασκευή τσαγιού γίνεται μόνο στην Ισπανία και κυρίως στην Ελλάδα, όπου έχουμε και τη μεγαλύτερη κατανάλωση. Το παρασκευαζόμενο αφέψημα με το όνομα «Τσάι του Βουνού» παρουσιάζει πολλές ευεργετικές ιδιότητες, οι οποίες οφείλονται στα συστατικά του αιθέριου ελαίου του, όπως για παράδειγμα στα φλαβονοειδή. Το αφέψημα από το φυτό προτιμάται πολύ από τους Έλληνες, ειδικά τους χειμερινούς μήνες, λόγω της

ευεργετικής του επίδρασης σε κρυολογήματα και φλεγμονές του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος, ιδιότητες που ενισχύονται με την προσθήκη μελιού.

Οι ευεργετικές επιδράσεις οφείλονται στην αντιφλεγμονώδη, βακτηριοστατική και αντιοξειδωτική δράση του. Ακόμη θεωρείται ευστόμαχο, εφιδρωτικό, τονωτικό, αντιερεθιστικό και αντιανεμικό διότι περιέχει Fe (Floca et al.,1981).

3.1.1 Ονομασία - Εκδοχές

Σύμφωνα με μια εκδοχή, η ονομασία αυτή προέρχεται από τη λέξη σίδηρος εξαιτίας της ικανότητάς του να θεραπεύει τις πληγές που προκαλούνται από σιδερένια αντικείμενα. Σύμφωνα με άλλη ονομάστηκε έτσι επειδή αποτελεί φυσική πηγή σιδήρου, αφού στα ροφήματα που παρασκευάζονται από αυτό περιέχεται αρκετός σίδηρος. Μια τρίτη εκδοχή αναφέρει ότι το όνομα προέρχεται από το σχήμα του άνθους (τα δόντια κάλυκα του άνθους) που μοιάζουν με αιχμή λόγχης (Γεννάδιος, 1959).

3.1.2 Το τσάι στην Ελλάδα

Η Ελλάδα είναι ιδιαίτερα πλούσια σε ενδημικά είδη του φυτού. Τα φυτά ευδοκιμούν σε υψόμετρο που κυμαίνεται από 500 έως 2000 μέτρα σε ξηρά πετρώδη ή ασβεστολιθικά εδάφη και σε διάφορες περιοχές της χώρας.

Όπως αναφέρεται σε διάφορα επιστημονικά άρθρα, και όπως αναφέρεται και πιο πάνω, πήρε το όνομά του από την ελληνική λέξη «σίδηρος» χάρη στην επουλωτική δράση του φυτού έναντι πληγών που προκαλούνταν από σιδερένια όπλα. Στην Κρήτη είναι γνωστό και ως «μαλοτίρα», ονομασία που προέρχεται κατά την επικρατέστερη εκδοχή από τις ιταλικές λέξεις «male» (αρρώστια) και «tirare» (σύρω), επειδή στην ενετοκρατούμενη Κρήτη το θεωρούσαν πανάκεια για τα κρυολογήματα και τις παθήσεις του αναπνευστικού. Στην Ελλάδα είναι γνωστό από την αρχαιότητα και αναφέρεται από το Θεόφραστο (372-287 π.χ.) και τον Διοσκουρίδη (10 μ.χ. αιώνα) (Ανάσης,1976).

Παλαιότερα το τσάι του βουνού θεωρείτο ως μελισσοτροφικό φυτό και μόνο μικρές ποσότητες μαζεύονταν από τους κατοίκους των ορεινών περιοχών, τις οποίες χρησιμοποιούσαν ως αφεψήματα. Μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο πολλοί κάτοικοι των ορεινών περιοχών διέδωσαν την χρησιμοποίησή του στον αστικό πληθυσμό με την εκεί μετακίνησή τους, οπότε άρχισε να αυξάνει η κατανάλωση. Με

την αύξηση της κατανάλωσης, αυξήθηκε και η τιμή του. Έτσι μεγάλωσε και το ενδιαφέρον για εντατικότερη συλλογή του.

3.1.3 Τα είδη στη Ελλάδα

Από τα 17 περίπου είδη που αυτοφύονται στην Ελλάδα, ιδιαίτερα γνωστά και με μεγάλη εξάπλωση είναι τα παρακάτω (Γκόλιαρης, 1984).

1 *Sideritis athoa*: (εικ.2) Κοινώς λέγεται τσάι βλάχικο, και στο Άγιο Όρος **μπεττόνικα**. Είναι πολυετής πόα ύψους μέχρι 40 εκ., όπου καλύπτεται ολόκληρο με μικρές αδενώδεις τρίχες. Ο βλαστός είναι όρθιος απλός ή διακλαδισμένος και ξυλώδης στη βάση του. Αυτοφύεται στον Άθω, στην Πίνδο και στην Σαμοθράκη.



Εικόνα 2: *Sideritis Athoa*

2 *Sideritis clandestina*: (εικ.3) Κοινώς λέγεται τσάι του Μαλεβού ή τσάι του Ταυγέτου. Είναι πολυετής πόα ύψους μέχρι 40 εκ. Ο βλαστός του είναι, όπως και στο προηγούμενο είδος, απλός ή διακλαδισμένος. Αυτοφύεται σε βράχους στις υποαλπικές και αλπικές περιοχές του Μαλεβού, του Ταυγέτου και της Κυλλήνης.



Εικόνα 3: *Sideritis clandestina*

3 *Sideritis syriaca*:(εικ.4) Κοινώς λέγεται τσάι της Κρήτης, γνωστό ως μαλοτήρας ή καλοκοιμητιά. Είναι πολυετής πόα, ύψους 50 εκ. Έχει βλαστό συνήθως απλό, ισχυρό, όρθιο, που καλύπτεται με πυκνό άσπρο χνούδι. Αυτοφύεται στα βουνά της Κρήτης και κυρίως στα Λευκά Όρη και στον Ψηλορείτη σε υψόμετρο 1.300 – 2.000 μέτρα.



Εικόνα 4: *Sideritis syriaca*

4 *Sideritis euboica*:(εικ.5) Κοινώς λέγεται τσάι της Εύβοιας ή τσάι απ' το Δέλφι. Είναι πολυετής πόα ύψους 30-50 εκ., με πυκνό και λευκό χνούδι σε όλα τα μέρη του. Ο βλαστός του είναι ξυλώδης στη βάση, ισχυρός, απλός ή μερικές φορές διακλαδισμένος. Αυτοφύεται στην Εύβοια και κυρίως στα βουνά Δίρφου σε υψόμετρο 1.000 – 1.540μ.



Εικόνα 5: *Sideritis Euboica*

5 *Sideritis scardica*:(εικ.6) Κοινώς λέγεται τσάι του Ολύμπου. Είναι πολυετής πόα, έχει βλαστό απλό ή διακλαδισμένο, τετραγωνισμένο, λίγο ξυλώδη στην βάση. Αυτοφύεται σε βραχώδη μέρη και σε υψόμετρο πάνω από 1.000μ., στον Όλυμπο, στον Κίσσαβο και στο Πήλιο.



Εικόνα 6: *Sideritis scardica*

6 *Sideritis raeseri*:(εικ.7) Κοινώς λέγεται τσάι του Παρνασσού ή τσάι του Βελουχιού. Είναι πολυετής πόα, ύψους μέχρι 40 εκ. Ο βλαστός είναι λεπτός, χνοώδης, απλός και σπάνια διακλαδισμένος, λίγο ξυλώδης στη βάση. Τα κατώτερα φύλλα είναι έμισχα και τα ανώτερα άμισχα λογχοειδή, λίγο προιονωτά με άσπρο χνούδι, και άνθη έντονα κίτρινα στις ακραίες ταξιανθίες. Αυτοφύεται και καλλιεργείται στον Νομό Μαγνησίας. Ευδοκίμει σε ορεινές περιοχές και σε χωράφια ασβεστούχα, πετρώδη, μέτριας γονιμότητας, ξηρικά.



Εικόνα 7: Το «χρυσάφι» της Βρύναινας Πρώτο στην εγχώρια παραγωγή τσαγιού το χωριό της Μαγνησίας.

Κοινό χαρακτηριστικό των ειδών αυτών αλλά και γενικά του γένους *Sideritis* L. είναι ότι πρόκειται για φυτά ιδιαίτερα προσαρμοσμένα για να επιβιώνουν σε απόκρημνες βραχώδεις περιοχές με υψόμετρο άνω των 1000 μέτρων. Τα είδη αυτά είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά στην ξηρασία και στις χαμηλές θερμοκρασίες. Δεν απαιτούν πλούσια εδάφη και προτιμούν θέσεις, με ελαφρό έδαφος όχι ιδιαίτερα βαθύ, όχι συνεκτικό, με άφθονο ήλιο. Συναντώνται ιδιαίτερα σε σχισμές βράχων όπου ελάχιστα είδη φυτών θα μπορούσαν να επιβιώσουν (Γκόλιαρης, 1984).

3.1.4 Βοτανική περιγραφή

Το Ελληνικό τσάι του βουνού είναι πολυετές φυτό, ανήκει στην οικογένεια χειλανθών (*Lamiaceae*) και στο γένος *Sideritis*. Είναι μονοετείς ή πολυετείς πόες αποξυλωμένες στη βάση και τριχωτές. Συνήθως είναι πολύ αρωματικές λόγω του περιεχομένου αιθέριου ελαίου. Τα φύλλα είναι οδοντωτά και τα άνθη είναι λευκά ή κίτρινα και συνήθως σχηματίζουν στάχυ. Ο κάλυκας είναι κωνοειδής με 10 νευρώσεις και 5 οδόντες διαταγμένους σε δύο χείλη. Το επάνω χείλος αποτελείται από δύο συμφυή πέταλα, ενώ το κάτω καταλήγει σε τρεις λοβούς, από τους οποίους ο μεσαίος είναι ο μεγαλύτερος. Οι στήμονες είναι τέσσερις και οι μπροστινοί δύο είναι μεγαλύτεροι σε μήκος από τους άλλους δύο. Ο στύλος καταλήγει σε δύο άνισα στίγματα. Η ωοθήκη είναι δίχωρη, ενώ με ψευδή διαφράγματα γίνεται τετράχωρη. Οι καρποί είναι τέσσερα κάρυα που περικλείουν από ένα σπέρμα (Ανάσης, 1976., Θανασούλια και Σιατής, 2008)

3.2 Η καλλιέργεια του Τσαγιού

3.2.1 Πολλαπλασιασμός

Ο πολλαπλασιασμός με σπόρο σπάνια χρησιμοποιείται πια, λόγω της εύκολης πλέον εύρεσης μοσχευμάτων, των οποίων η επιτυχία εγκατάστασης υπερβαίνει το 90%. Τα έρριζα μοσχεύματα δεν παίρνονται πλέον από αυτοφυή φυτά αλλά από παλαιές φυτείες που εκριζώνονται όταν η απόδοσή τους μειώνεται. Τα παλαιά φυτά χωρίζονται σε πολλά μέρη (μοσχεύματα) τα οποία μεταφέρονται αμέσως στο νέο χωράφι για φύτευση σε μικρούς λάκκους που ανοίγονται με φυτευτήρι.

Η χρήση σπόρου απαιτεί ιδιαίτερη διαδικασία παρόμοια με αυτή των φυτών καπνού, και περιγράφεται παρακάτω.

Αρχικά γίνεται προβλάστηση των σπόρων για 3 ημέρες σε υγρή και ζεστή ατμόσφαιρα. Ο σπόρος έχει πολύ μικρό μέγεθος (700 σπόροι στο γραμμάριο) και για την δημιουργία των αναγκαίων φυτών για ένα στρέμμα αρκούν 10 g σπόρων. Σπέρνονται κατόπιν οι σπόροι στο σπορείο από ψιλοχωματισμένο πλούσιο έδαφος σε πυκνότητα 2 g / m². Η απαιτούμενη έκταση του σπορείου για 1 στρέμμα χωραφιού είναι 5 m². Όλη αυτή η διαδικασία γίνεται τέλη Ιουλίου με αρχές Αυγούστου και τα νεαρά φυτά εγκαθίστανται στο χωράφι όχι νωρίτερα από τα μέσα Οκτωβρίου. Μετά τη φύτευση των νεαρών φυτών ή των παραφυάδων γίνεται μια καλή άρδευση (εικ.8). Από τα μέσα Οκτωβρίου αρχίζει η φύτευση, είτε έρριζων μοσχευμάτων από παλαιότερη φυτεία είτε μικρών φυταρίων από φυτώριο τσαγιού. Οι συνήθεις αποστάσεις φυτεύσεως είναι 40 x 50 cm, ώστε να επιτευχθεί πληθυσμός περίπου 5.000 φυτών / στρέμμα. Είναι σημαντικό κατά την προετοιμασία του χωραφιού να εξοντωθούν με χημικά ή μηχανικά μέσα τυχόν δυσκολοεξόντωτα, πολυετή ζιζάνια.



Εικόνα 8: Φυτώριο

3.2.2 Εγκατάσταση

Η εγκατάσταση γίνεται είτε σε νέους καθαρούς και οργωμένους αγρούς, είτε σε αγρούς τσαγιού με φυτά άνω των 5 ετών, όπου η καλλιέργεια είναι πλέον ασύμφορη λόγω μείωσης της απόδοσης ή της ύπαρξης πολλών πολυετών ζιζανίων.

Στη δεύτερη περίπτωση, νωρίς το καλοκαίρι ή μετά τις πρώτες βροχές του φθινοπώρου, γίνεται η εκρίζωση της προηγούμενης καλλιέργειας, ο καθαρισμός και το όργωμα, το οποίο συνοδεύεται από σβάρνισμα ώστε να ισοπεδωθεί κατάλληλα το χωράφι.

Δύο εποχές κρίνονται κατάλληλες για τη φύτευση. Η πρώτη είναι το Φθινόπωρο (Οκτώβρη -Νοέμβρη) και η δεύτερη τέλος του χειμώνα με αρχές άνοιξης (Φλεβάρης-Μάρτης). Για τις ελληνικές συνθήκες προτιμότερο είναι το φθινόπωρο μετά τα πρωτοβρόχια. Η φύτευση γίνεται σε γραμμές που απέχουν μεταξύ τους 50-60 εκ. Πάνω στις γραμμές τα φυτά απέχουν μεταξύ τους 40 - 50 εκ. Μπορεί να γίνει με φυτευτικές μηχανές (καπνού ντρίτας), ύστερα από κατάλληλη ρύθμιση της απόστασης των δίσκων, ή με το χέρι σε μικρούς λάκκους ή με το φυτευτήρι. Εάν μετά τη φύτευση δεν ακολουθήσει βροχή, καλό είναι να γίνει ριζοπότισμα, για να έχουμε μεγάλη επιτυχία.

3.2.3 Καλλιεργητικοί χειρισμοί

Κατά τη διάρκεια του έτους σε νέες αλλά και παλαιές φυτείες γίνονται οι εξής καλλιεργητικές επεμβάσεις: Τέλη Φεβρουαρίου με αρχές Μαρτίου αρχίζουν τα πρώτα σκαλίσματα ανάμεσα στα φυτά με χρήση σκαλιστηριών. Έτσι καθαρίζονται τα πρώτα ανοιξιάτικα ζιζάνια και αερίζεται το χώμα.

3.2.4 Ζιζανιοκτονία

Στα πρώτα έτη της φυτείας υπάρχουν συνήθως μονοετή ζιζάνια και αν και η επιφάνεια που πρέπει να καθαριστεί είναι μεγάλη, το σκάλισμα γίνεται εύκολα γιατί τα φυτά τσαγιού δεν έχουν καλύψει ακόμη το χωράφι (εικ.9).

Στις παλαιές φυτείες κυριαρχούν πολυετή ζιζάνια που φυτρώνουν ανάμεσα στα φυτά της καλλιέργειας και η απομάκρυνση τους γίνεται πολύ δύσκολα και γενικά είναι πολύ δαπανηρή η διατήρηση καθαρής φυτείας.



Εικόνα 9: Σκαλισμένη καλλιέργεια.

Η ζιζανιοκτονία με σκάλισμα συνεχίζεται τους μήνες Μάρτιο – Απρίλιο (εικ.9), ενώ περιφερειακά των αγρών γίνεται και κατευθυνόμενη χρήση του ζιζανιοκτόνου Roundup.

Κατά καιρούς έχουν γίνει προσπάθειες για εφαρμογή χημικής ζιζανιοκτονίας σε όλη την έκταση των χωραφιών με εκλεκτικά ζιζανιοκτόνα, γεγονός που θα μείωνε κατά πολύ το κόστος καλλιέργειας. Οι προσπάθειες αυτές δεν είχαν επιτυχία γιατί τα φυτά του τσαγιού δείχνουν αρκετά ευαίσθητα.

Η επόμενη επέμβαση στη φυτεία, είναι η καταπολέμηση των πρώτων φθινοπωρινών ζιζανίων, πάλι με χρήση σκαλιστηριών. Η ζιζανιοκτονία αυτή διαρκεί μέχρι τα μέσα Νοεμβρίου ή όσο το επιτρέπει ο καιρός.

3.2.5 Λίπανση

Την περίοδο της καταπολέμησης της φθινοπωρινής ζιζανιοκτονίας γίνεται και η βασική λίπανση των χωραφιών με κάποιο σύνθετο λίπασμα, το οποίο διασκορπίζεται ανάμεσα στα φυτά.

Γίνεται χρήση 3 έως 4 μονάδων αζώτου και 4 έως 5 μονάδων φωσφόρου. Ορισμένοι καλλιεργητές ανάλογα με το χωράφι κάνουν και μια ανοιξιιάτικη λίπανση με κάποιο αζωτούχο λίπασμα (περίπου 34 μονάδες αζώτου / στρ.)

3.2.6 Εχθροί και ασθένειες

Κατά το Μάιο γίνονται περιστασιακά κάποια ραντίσματα με χρήση ακαρεοκτόνων και εντομοκτόνων για την αντιμετώπιση προσβολών από τετράνυχο (εικ.11) και αφίδες (εικ.10). Οι προσβολές αυτές δεν παρατηρούνται συχνά, και σπάνια απειλούν σοβαρά την απόδοση, υποβαθμίζουν όμως το προϊόν. Η μέχρι τώρα εμπειρία δείχνει ότι γενικά οι εντομολογικές προσβολές εντοπίζονται στους αγρούς με χαμηλό υψόμετρο.



Εικόνα 10: Αφίδες



Εικόνα 11: Τετράνυχος

3.2.7 Συγκομιδή

Η συγκομιδή γίνεται μόλις διαπιστωθεί ότι τα φυτά είναι σε πλήρη άνθιση και πρέπει να ολοκληρωθεί πριν το πέρας της ανθοφορίας τους (εικ.12). Ανάλογα με τις συνθήκες κάθε χρονιάς, από τα μέσα με τέλη Μαΐου, οι αγροί χαμηλού υψομέτρου βρίσκονται στο στάδιο συγκομιδής. Έτσι αρχίζει σταδιακά η συγκομιδή από τα χαμηλά προς τα μεγαλύτερα υψόμετρα.



Εικόνα 12: Συγκομιδή.

Κατά τη συγκομιδή κόβεται ολόκληρη η ταξιανθία και κάτω από αυτή ένα μέρος του βλαστού, μήκους 5 ως 6 εκατοστά. Για την κοπή των ανθισμένων βλαστών χρησιμοποιούνται μικρά δρεπανάκια και η κάθε «χεριά» αμέσως δένεται και αποτελεί ένα «ματσάκι» έτοιμο για ανάρτηση στο ξηραντήριο.

Στη συνέχεια η συγκομιζόμενη ποσότητα μεταφέρεται για αποξήρανση σε υπόστεγα που έχουν σκεπή από κεραμίδια, για να αποκτήσει ένα χρώμα πρασινοκίτρινο που είναι και το επιθυμητό (εικ.13).. Εάν η ξήρανση δεν γίνει σε σκιά ή όταν το υπόστεγο είναι από λαμαρίνα τότε τα φυτά αποχρωματίζονται, με αποτέλεσμα να υποβαθμίζεται η ποιότητά τους (Gabrieli and Kokkalou, 1990).



Εικόνα 13: Σήμερα οι επικρατέστεροι τρόποι ξήρανσης στο χωρίο Βρύναινα είναι η ξήρανση σε υπόστεγο με κεραμίδια.

3.2.8 Κόστος

Η αγορά ριζωμάτων και φυτωρίων από τα εξειδικευμένα φυτώρια συχνά κοστίζει αρκετά (αν υπολογιστεί κατά μέσο όρο ότι κοστίζουν περισσότερο από 0,15-0,25 ευρώ ανά φυτό στην Ελλάδα και 0,05-0,18 ευρώ σε εξειδικευμένα φυτώρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης).

Με μια τυπική πυκνότητα φύτευσης περίπου 4.000 φυτών ανά στρέμμα, η δαπάνη για το φυτικό υλικό εγκατάστασης μπορεί να είναι περισσότερο από 600-1.000 ευρώ ανά στρέμμα.

Στις πολυετείς καλλιέργειες, όπως είναι το τσάι του βουνού, το κόστος για την απόκτηση πολλαπλασιαστικού υλικού βαρύνει κυρίως τον πρώτο χρόνο της καλλιέργειας, εφόσον τα επόμενα χρόνια ο παραγωγός μπορεί από τις έτοιμες φυτείες να δημιουργήσει το δικό του πολλαπλασιαστικό υλικό και να επεκτείνει την καλλιέργεια (Demo et al, 1998).

3.2.9 Αποδόσεις

Το Τσάι του βουνού μπορεί να καλλιεργηθεί στο ίδιο χωράφι για 5-8 χρόνια. Η παραγωγή συνεχίζει να αυξάνεται από το 2^ο-4^ο έτος ενώ από το 5^ο έτος αρχίζει να

μειώνεται. Οι αποδόσεις και η διάρκεια ζωής της καλλιέργειας εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις καλλιεργητικές φροντίδες.

Σε χρονιά πλήρους παραγωγής οι αποδόσεις σε ξηρό προϊόν αγγίζουν τα 100-150 κιλά ανά στρέμμα.

Οι περισσότεροι παραγωγοί το πωλούν σε μπάλες των 20-25 κιλών και, ανάλογα με τις διαπραγματεύσεις που κάνουν, πετυχαίνουν καθαρή πρόσοδο της τάξης των 500-700 ευρώ. Διπλάσια έσοδα όταν η καλλιέργεια είναι βιολογική (Gabrieli and Kokkalou, 1990).

3.3 Συστατικά του Τσαγιού

3.3.1 Αιθέρια έλαια

Οι πρώτες εργασίες που ασχολούνται με την αναγνώριση των συστατικών του ελαίου αρχίζουν κυρίως από τις αρχές τις δεκαετίας του '80. Ξεκινώντας από το είδος *S. raeseri*, του οποίου το έλαιο μελετάται στην παρούσα εργασία. Υπάρχουν δυο εργασίες που ασχολούνται με την αναγνώριση των συστατικών του ελαίου.

Η πρώτη εργασία δημοσιεύτηκε το 1986 με τίτλο: «Η σύνθεση του αιθέριου ελαίου στο Ελληνικό Τσάι του Βουνού (*Sideritis* spp.)» (Flocq et al., 1981). Ως φυτικό υλικό χρησιμοποιήθηκαν αποξηραμένες δρόγες από τα είδη *S. clandestina* και *S. raeseri*. Για την παραλαβή του ελαίου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της υδροαπόσταξης και στη συνέχεια, έγινε ανάλυση με χρήση αέριας χρωματογραφίας και φασματοσκοπίας μάζας. Χρησιμοποιήθηκε δυναμικό ιονισμού 70 eV και ο τύπος της στήλης χρωματογραφίας ήταν 25mX0.25mm i.d. OV-101 glass capillary column (WCOT) με αέρια φάση Ηλίου (He) και οι θερμοκρασίες ήταν από 50 έως 200 °C με ρυθμό αύξησης της θερμοκρασίας 2 °C min⁻¹.

Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας έδωσαν αποδόσεις σε λάδι για το είδος *clandestina*, 0,09% και για το *raeseri*, 0,12% (επί ξηρής δρόγης). Η χρωματογραφική ανάλυση του λαδιού των δυο ειδών έδωσε πάνω από 70 διαφορετικά συστατικά, από τα οποία αναγνωρίστηκαν τα 50 (Πίνακας 1.). Αξίζει να αναφερθούν κάποια συμπεράσματα της χρωματογραφίας της εργασίας αυτής, ιδιαίτερα για το είδος *raeseri*.

Πίνακας 1 :Τα συστατικά (%) του αιθέριου ελαίου δυο ειδών του γένους *Sideritis*.

Συστατικό	<i>Ssp. clandestinu</i>	<i>Ssp. raeseri</i>
Τρικυκλένιο (Tricyclene)	δ.α	0.05
α-θουγένιο (α-Thujene)	0.13	0.15
α-πινένιο (α-Pinene)	12.16	16.50
καμφένιο (Camphene)	ίχνη	0.05
Ισοβουτυλοβενζένιο (Isobutylbenzene)	δ.α	0.08
Σαβινένιο (Sabinene)	1.68	ίχνη
2-μέθυλο-2-επτεν-6-όνη (2-Methyl-2-hepten-6-on)	0.17	0.11
β-πινένιο (β-Pinene)	11.92	20.61
Μυρκένιο (Myrcene)	0.23	0.33
α-φελλανδρένιο (α-Phellandrene)	ίχνη	0.45
α-Τερπινένιο (α-Terpinene)	1.13	0.90
π-κυμένιο (p-Cymene)	0.34	3.37
β-φελλανδρένιο (β-Phellandrene)	1.19	0.25
Λιμονένιο (Limonene)	7.29	6.73
cis-β-ωκιμένιο (cis-β-Ocimene)	0.08	0.20
Γ-τερπινένιο (γ-Terpinene)	3.18	0.45
6-μεθυλο-3,5-επταδιέν-2-όνη (6-Methyl-3,5-heptadien-2-one)	0.21	0.31
Λινανόλη (Linalool)	0.11	1.68
cis-ένυδρο σαβινένιο (cis -Sabinene hydrate)	ίχνη	0.90
Σαβινόλη (Sabinol)	0.34	2.13
trans-πινοκαρβεόλη (trans-Pinocarveol)	δ.α.	0.55
πινοκαρβόνη (Pinocarvone)	0.17	1.00
Βορνεόλη (Borneol)	ίχνη	0.28
Ναφθαλένιο (Naphthalene)	0.78	0.18
Τερπινέν-4-όλη (Terpinen-4-ol)	2.78	0.25
Μυρτενάλη (Myrtanal)	ίχνη	3.49

α-τερπινεόλη (α-Terpineol)	ίχνη	0.30
Καρβόνη (Carvone)	δ.α.	0.71
Bornyl acetate	0.38	0.21
α-κοπαένιο (α-Copaene)	0.13	ίχνη
β-ελεμένιο (β-Elemene)	0.28	δ.α.
Darnascenone	ίχνη	0.13
β-κοπαένιο (β-Copaene)	13.49	0.80
β-Bourhonene	1.39	ίχνη
β-καρυοφυλλένιο (β-Caryophyllene)	9.07	6.52
allo-Aromadendrene	0.43	0.15
α-Humulene	0.43	9.91
Germacrene-D	0.38	5.52
β-Bisabolene	1.38	0.28
α-Muurolene	0.38	ίχνη
β-ιονόνη (β-Ionone)	0.11	0.09
γ-καδινένιο (γ-Cadinene)	0.51	ίχνη
Calamenene	4.61	3.70
δ-καδινένιο (δ-Cadinene)	11.49	1.30
Calactirene	3.80	2.13
Λεδόλη (Ledol)	0.79	2.21
α-καδινόλη (α-Cadinol)	3.68	3.55

δ.α.=δεν ανιχνεύτηκε.

Ο Koedam προέβει και στην εξαγωγή ελαίου μέσω διαλυτών για να ερευνήσει την πιθανή επίπτωση της θερμότητας κατά την απόσταξη, στα συστατικά του ελαίου. Βρέθηκε ότι η ουσία 2-methyl-2-hepten-6-one, η damascenone και η b-ionone εμφανίζονται κατά τη διαδικασία της απόσταξης ως προϊόντα της θερμικής αποδόμησης των καροτενοειδών .

Άλλες διαφορές μεταξύ των δυο τρόπων παραλαβής του ελαίου δεν φάνηκαν.

Επίσης, ο Koedam προβαίνει σε κάποια εύστοχα σχόλια σε σχέση με τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του ροφήματος, λέγοντας ότι κατά την παρασκευή του (ελαφρύ βράσιμο αποξηραμένων ανθικών στελεχών σε νερό) το άρωμα που αναδύεται οφείλεται στα πτητικά συστατικά του λαδιού που απελευθερώνονται σχετικά νωρίς, ενώ στη συνέχεια ουσίες με μεγαλύτερο σημείο ζέσεως όπως τα

φλαβονοειδή περνούν σταδιακά από το φυτικό ιστό στο νερό, δίνοντας στο ρόφημα το χαρακτηριστικό του χρώμα. Ακόμη παρατηρείται μια σημαντική διαφορά μεταξύ του μαύρου τσαγιού και του τσαγιού του βουνού, στο γεγονός ότι το άρωμα και η γεύση στο ρόφημα του μαύρου τσαγιού οφείλεται στα στάδια επεξεργασίας του φυτού. Αντίθετα το ρόφημα των ειδών *Sideritis* έχει σχεδόν το άρωμα του ίδιου του φυτού, μια και αυτό δεν έχει αλλοιωθεί (εκτός της ξήρανσης δεν έχει υποστεί ζύμωση ή κάποια άλλη αλλοίωση).

Η δεύτερη εργασία που ασχολήθηκε με το *S. raeseri*, με αντικείμενο τη σύσταση του αιθέριου ελαίου του φυτού έγινε με τη συνεργασία του φαρμακευτικού τμήματος του πανεπιστημίου της Messina στην Ιταλία και του εργαστηρίου φαρμακογνωσίας του Πανεπιστημίου Αθηνών (Galati et al., 1996). Το φυτικό υλικό συλλέχθηκε από το βουνό Παρνασσός σε υψόμετρο 1800 m τον Ιούλιο του 1994 και οι ανθισμένες δρόγες αποξηράθηκαν στον αέρα. Για την εξαγωγή του ελαίου χρησιμοποιήθηκε η διαδικασία απόσταξης με παραμονή των φυτικών μερών στη αποστακτική συσκευή Clevenger για 3 ώρες. Η απόδοση σε έλαιο βρέθηκε 0,14%. Στην αναγνώριση των συστατικών χρησιμοποιήθηκε αέριος χρωματογράφος με φέρον αέριο Ήλιο, σε συνδυασμό με φασματογράφο μάζας (GC/ MS).

Αναγνωρίστηκαν 36 συστατικά αντιπροσωπεύοντας το 86,57% του ελαίου. Σε μεγαλύτερη αναλογία βρέθηκαν οι ουσίες camphor (14,9%), 1,8-cineole (11.61%), a-bisabolol (7.78%), 13(16)14 labdien-8-ol (7.35%), trans-chrysanthenyl acetate (6.35%) και terpinen-4-ol (5.70%).

Με την ίδια σχεδόν διαδικασία, της απόσταξης αποξηραμένων ανθικών στελεχών και τη χρήση αέριας χρωματογραφίας σε συνδυασμό με φασματογράφο μάζας, έχει μελετηθεί το αιθέριο έλαιο και από μερικά άλλα είδη της οικογένειας *Sideritis*.

Ανάλογη έρευνα έγινε το 1996 (Laer et al., 1996) με υλικό από το 1987 και 1989. Και στις δυο περιπτώσεις ως κύρια συστατικά βρέθηκαν τα Caryophyllene, carvacrol, και thymol, με κάποια διαφοροποίηση μεταξύ των δυο εργασιών στα επι μέρους συστατικά του ελαίου.

Άλλες εργασίες με αντικείμενο την ποσοτική και ποιοτική σύσταση του αιθέριου ελαίου, έχουν γίνει σε μεσογειακές χώρες όπως την Ισπανία και την Τουρκία (Ezer, 1996). Σε οκτώ είδη του γένους *Sideritis* της Ισπανίας (διαφορετικά από αυτά της Ελλάδας) η ποσότητα σε έλαιο δεν διέφερε σημαντικά από τα Ελληνικά είδη, στη σύσταση όμως, υπάρχουν σημαντικές ποσοτικές διαφορές στα ποσοστά και το είδος των συστατικών. Αρκετά είδη του γένους *Sideritis* έχουν μελετηθεί στην Τουρκία

όπου η μέση απόδοση σε αιθέριο έλαιο βρέθηκε γύρω στο 0,5%. Τέλος, στην ποιοτική ανάλυση βρέθηκαν και εδώ διαφορές στα ποσοστά των επιμέρους συστατικών.

Η μέχρι τώρα αναφορά αφορούσε εργασίες που έχουν αντικείμενο την εύρεση της περιεκτικότητας διαφόρων ειδών του γένους *Sideritis* L. σε αιθέριο έλαιο και την ποιοτική και ποσοτική ταυτοποίηση, όσο το δυνατό μεγαλύτερου μέρους από τα συστατικά του αιθέριου ελαίου. Υπάρχουν όμως και πιο εξειδικευμένες εργασίες που αναφέρονται σε συγκεκριμένα συστατικά του αιθέριου ελαίου ή ομάδες συστατικών.

Άλλη εργασία χρησιμοποιεί σύνθετες τεχνικές (χρήση πολλών διαλυτών) για να απομονώσει ένα φαινολικό συστατικό (apiorenin 7-(4-O-b-glucosyl-trans-p-coumarate) από το *S. Raeseri*] (Gabrieli and Kokkalou, 1990). Από άλλες εργασίες φαίνεται ότι τα διτερπένια *Siderone* και *uciol* χαρακτηρίζουν το έλαιο του *S. syriaca* (Demo et al., 1998) Επίσης, υπάρχουν μελέτες για τα φλαβονοειδή ορισμένων ειδών του γένους *Sideritis* της Ιβηρικής χερσονήσου και της βόρειας Αφρικής (Mateo et al., 1988, Villar, 1984).

Οι παραπάνω εργασίες πέρα από το καθαρά χημικό ενδιαφέρον για την ανάλυση της δομής των διαφόρων αυτών συστατικών, τα οποία προφανώς σχετίζονται με τις ιδιότητες του αφεψημάτος από το φυτό, βοηθούν και σε μια χημιοσυστηματική προσέγγιση της διαφοροποίησης των ειδών. Αποκτάται παράλληλα και μια εμπειρία στην εξέλιξη των τεχνικών παραλαβής των συστατικών του ελαίου. Το φαρμακολογικό ενδιαφέρον για τα συστατικά των αιθέριων ελαίων των διαφόρων ειδών του γένους *Sideritis* και άλλων γενών φαρμακευτικών φυτών, οδηγεί πολλούς ερευνητές να ασχολούνται με τη μελέτη των αντιοξειδωτικών τους ιδιοτήτων (Venturela et al., 1983, Villar 1990).

Επίσης, η ύπαρξη των φλαβονοειδών στην φυτική επιφάνεια προφυλάσσει τους φυτικούς ιστούς από τη βλαβερή επίδραση UV ακτινοβολίας και βοηθά τα διάφορα είδη του γένους *Sideritis* να προσαρμόζονται στις συνθήκες μεγάλου υψομέτρου. Τα διάφορα είδη της Βορείου Αφρικής διαφέρουν και από το γεγονός ότι για να επιβιώνουν στις ερημικές περιοχές αντί για φλαβονοειδή προστατεύονται από ουσίες τερπενικής φύσεως.

Ακόμη, έχει παρατηρηθεί ότι τα είδη με περισσότερες λευκές τρίχες στην επιφάνεια των φύλλων, έχουν μικρότερη περιεκτικότητα σε φλαβονοειδή. Στις περιπτώσεις αυτές από την UV ακτινοβολία προστατεύουν τα φυτά οι τρίχες αυτές Francisco,

1988). Επίσης, έχει φανεί από εργασίες και η αντιφλεγμονώδης δράση ουσιών φλαβονοειδούς φύσεως (Villar 1990).

Κάποιες γενικές παρατηρήσεις που θα μπορούσε να κάνει κάποιος για το γένος *Sideritis* L αναφέρονται παρακάτω. Ουσιαστικά η μελέτη του γένους αυτού είχε ως έναυσμα τη χρήση μερικών ειδών (κυρίως στην Ελλάδα) για την παρασκευή αφεψημάτων, το οποίο φάνηκε να έχει και σημαντικές ευεργετικές ιδιότητες. Άλλο κίνητρο για τη μελέτη του είναι η πληθώρα ειδών που διαθέτει, τα οποία χρειάζονται μια πιο συστηματική μελέτη από βοτανικής πλευράς, μια και παρουσιάζουν ευρεία εξάπλωσή στις χώρες της Μεσογείου και στα Βαλκάνια. Βέβαια, όλες οι προσπάθειες μελέτης θεμάτων γύρω από το γένος *Sideritis* συμβαδίζουν με το γενικότερο ενδιαφέρον που παρουσιάζεται, ειδικά τα τελευταία χρόνια, για τη μελέτη των ιδιοτήτων και των χρήσεων των αρωματικών – φαρμακευτικών φυτών. Ειδικά στον τομέα των αιθέριων ελαίων υπάρχει μεγάλο επιστημονικό ενδιαφέρον μια και οι χρήσεις τους συνεχώς διευρύνονται. Στην αγορά πέρα από τον τομέα των καλλυντικών, παρουσιάζει μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον η χρήση συστατικών των αιθέριων ελαίων για φαρμακευτική χρήση και χρήση στη βιομηχανία τροφίμων. Πρόσφατα γίνεται αξιοποίηση και κάποιων ειδικών ιδιοτήτων ορισμένων συστατικών, όπως της θυμόλης για θεραπεία των μελισσών από παρασιτικά ακάρεα (σκεύασμα APIGUARD της εταιρείας Vita για καταπολέμηση το παρασίτου *Varroa destructor*).

Η πιο οικονομική και ευρύτατα χρησιμοποιούμενη μέθοδος για την παραλαβή των αιθέριων ελαίων από τα αρωματικά φυτά φαίνεται πως είναι η υδροαπόσταξη.

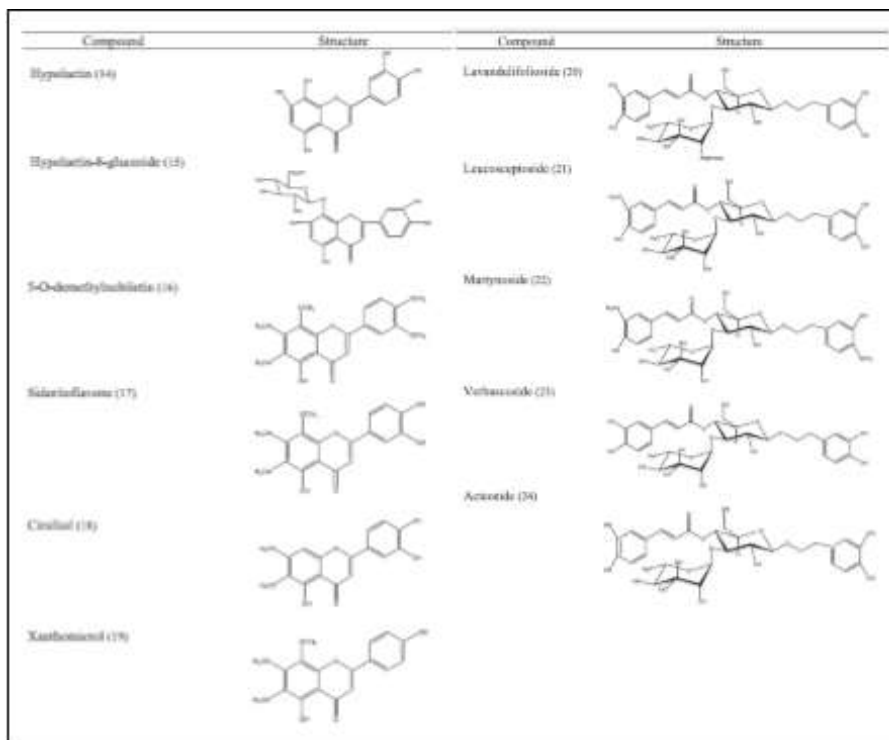
Ως μόνο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι η πιθανή υδρόλυση, κάποιων συστατικών του ελαίου μια και το φυτικό υλικό έρχεται σε άμεση επαφή με το νερό. Δύο παραλλαγές της παραπάνω μεθόδου, που χρησιμοποιούνται συνήθως στη βιομηχανία, είναι η απόσταξη με νερό και ατμό όπου το φυτικό υλικό δεν έρχεται σε άμεση επαφή με το νερό. Βέβαια σήμερα στη βιομηχανία, ανάλογα και με το φυτικό είδος χρησιμοποιούνται και άλλες πολύπλοκες μέθοδοι απόσταξης.

Ο δεύτερος τρόπος παραλαβής των αιθέριων ελαίων, δηλαδή η εκχύλιση με διαλύτες (εικ.14) δίνει καλά αποτελέσματα και στην περίπτωση του τσαγιού κυρίως με τη χρήση πτητικών διαλυτών. Στις μέχρι τώρα εργασίες έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι διαλύτες ανάλογα με την ομάδα συστατικών του ελαίου που μας ενδιαφέρει.

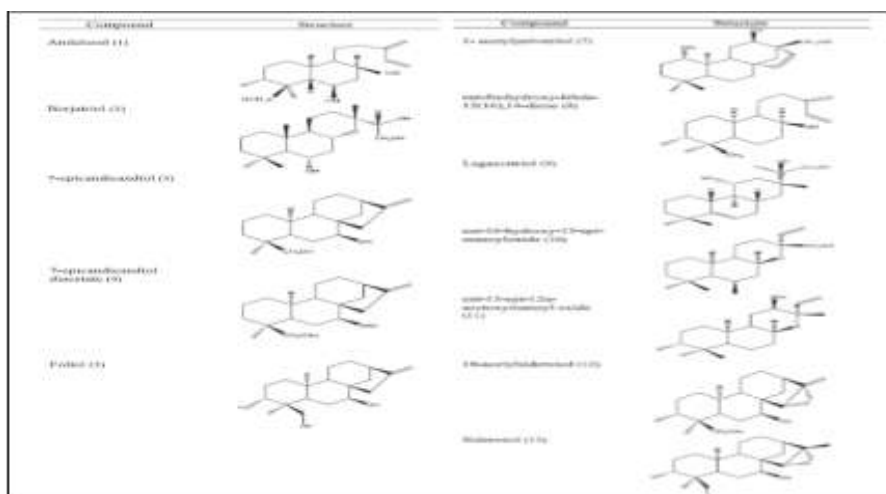


Εικόνα 14 :Εκχύλιση

Ο προσδιορισμός των συστατικών των αιθέριων ελαίων γίνεται πλέον κυρίως με τη χρήση αέριας χρωματογραφίας (GC) σε συνδυασμό με χρήση φασματογράφου μάζας (MS). Από όλες τις σχετικές αναλύσεις στα διάφορα είδη του γένους *Sidetitis* φαίνεται ότι το αιθέριο έλαιο αποτελείται από μια πληθώρα οξυγονούχων και μη οξυγονούχων ουσιών, με πιο σημαντικές όσον αφορά την ποιότητα και γενικά τις ιδιότητες του ελαίου, τα τερπενοειδή τα φλαβονοειδή, τις κουμαρίνες κ.α.(εικ 15,16).



Εικόνα 15: Φλαβονοειδή και γλυκοζίτες του αιθέριου ελαίου του τσαγιού



Εικόνα 16: Διτερπενικά συστατικά αιθέριου ελαίου του τσαγιού

Ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί μέχρι τώρα στα διτερπένια κυρίως Ελληνικών ειδών, ενώ τα συστατικά arigenin 7 glucoside και arigenin 7- (4 - O - β - glucosyl - trans - p-coymarate) φαίνεται να είναι χαρακτηριστικά για το *S. raeseri*. Πέρα από τα συστατικά που βρίσκονται σε μεγάλη αναλογία φαίνεται πως η σύσταση του αιθέριου ελαίου δεν είναι απόλυτα σταθερή για το κάθε είδος αλλά μπορεί να παρατηρηθούν μικροδιαφορές που σχετίζονται με την συγκεκριμένη χρονιά συλλογής (κλιματικές συνθήκες), την περιοχή στην οποία αναπτύχθηκε το φυτό (εδαφοκλιματικές συνθήκες), και το στάδιο της βλαστικής περιόδου. Σημαντικός παράγοντας ίσως είναι και η γενετική παραλλακτικότητα μέσα στον πληθυσμό κάθε είδους. Επίσης υπάρχει

και η πιθανότητα, ανάλογα με τον τρόπο παραλαβής του αιθέριου ελαίου, να μετασχηματισθούν ή και να καταστραφούν κάποια συστατικά (Γκόλιαρης, 1984).

3.3.2 Φαρμακολογικές ιδιότητες

Μια σειρά μελετών έχουν διεξαχθεί κατά καιρούς τόσο σε φυτικά εκχυλίσματα του γένους *Sideritis* όσο και σε χημικές ενώσεις που απομονώθηκαν από αυτά για να εκτιμηθούν οι θεραπευτικές τους ιδιότητες.

- **Αντιφλεγμονώδης δράση:** Υπάρχουν πολλές μελέτες πάνω στην αντιφλεγμονώδη δράση που εμφανίζουν τα εκχυλίσματα του γένους *Sideritis*. Αυτή οφείλεται κυρίως στις ομάδες των φλαβονοειδών, των τερπενίων και των λιπιδίων. Κατά των φλεγμονών δρουν και οι φυτοστερόλες, οι α- και β-αμιρίνες και τα διτερπένια (Charami et al., 2008).
- **Αναλγητική δράση:** Φυτά του γένους *σιδερίτης* εμφανίζουν και αναλγητικές ιδιότητες. Αυτές οφείλονται σε ενώσεις λιγότερο πολικές από εκείνες των αντιφλεγμονωδών. Τέτοιες είναι οι φυτοστερόλες, οι α- και β-αμιρίνες και τα διτερπένια με σκελετό καουρενίου (Gonzalez-Burgos et al., 2011).
- **Αντιμικροβιακή δράση:** Σημαντική είναι και η δράση κατά των βακτηρίων, των ιών και των ζυμών. Η δράση αυτή οφείλεται κυρίως στα αιθέρια έλαια του φυτού που περιέχουν μονοτερπενικούς υδρογονάνθρακες. Από τα φυτά που μελετήθηκαν πιο δραστικά ήταν αυτά με αιθέρια έλαια πλούσια σε απιπένιο και καρβακρόλη. Το είδος *S.raeseri* δεν περιέχει πολλά μονοτερπένια και γι' αυτό ήταν αδρανές (Aligiannis et al., 2001, Fokialakis et al., 2007).
- **Αντιοξειδωτική δράση:** Ο *Sideritis* εμφανίζει και έντονη αντιοξειδωτική δράση. Ειδικότερα τα εκχυλίσματα των φυτών με οξικό αιθυλεστέρα και με βουτανόλη. Η αντιοξειδωτική δράση οφείλεται στην ύπαρξη πολυφαινολικών ενώσεων οι οποίες έχουν την ικανότητα να μπλοκάρουν τις ελεύθερες ρίζες. Σε σύγκριση με άλλα αρωματικά φυτά της Μεσογείου η δράση του *Σιδερίτη* χαρακτηρίζεται μέτρια (Gonzalez-Burgos et al., 2011, Charami et al., 2008).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Aligiannis N., E. Kalpoutzakis, I. B. Chinou, and S. Mitakou, 2001 E. Gikas and A. Tsarbopoulos, 2001. Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oils of Five Taxa of *Sideritis* from Greece J. Agric. Food Chem., 49 811-815.
- Charami M.T., Lazari D., Karioti A., Skaltsa H., Hadjipavlou-Litina D., and Souleles C.,2008. Antioxidant and Antiinflammatory Activities of *Sideritis perfoliata* subsp. *Perfoliata* (Lamiaceae), *Phytother. Res.* 22, 450–454.
- Demo A., C. Petrakis, P. Kefalas, and Dimitrios Boskou. 1998. Nutrient antioxidants in some herbs and Mediterranean plant leaves. *Food Research International*, Vol. 31, No. 5, pp. 351-354.
- Ezer N., R. Vila, S. Canigual and T. Adzet. 1996. Essential oil composition of four Turkish species of *Sideritis*. *Phytochemistry* , Vol. 41, No 1 pp. 203-205.
- Floca , Voyadjis , Iconomou. 1981. Etude chimique de *Sideritis scardica*. University de Thessaloniki.
- Fokialakis N., Kalpoutzakis E., Tekwani B.L., Khan S.I., Kobaisy M., Skaltsounis A.L., Duke O.,2007. Evaluation of the antimalarial and antileishmanial activity of plants from the Greek island of Crete, *J. Nat. Med.*, 61, 38–45.
- Francisco A., B. Tomas, M. Rejdali, J. Harborne, and V. Heywood. 1988. External and vacuolar flavonoids from Ibero-north African *Sideritis* species. A chemosystematic approach. *Phytochemistry* . Vol. 27, No. 1. pp. 165-170.
- Gabrieli C., E. Kokkalou. 1990. A Glucosylated Acyflavone from *Sideritis raeseri*. *Phytochemistry* , Vol. 29, No. 2 pp. 681 683.
- Galati E., M. Germano, A. Rossito, O. Tzakou, H. Skaltsa, and V. Roussis .1996. Essential Oil of *Sideritis raeseri* Boiss. Et Heldr. ssp. *raeseri* J.Essent. Oil Res., 8, 303-304 .
- Gonzalez-Burgos E., Carretero M.E., Gomez-Serranillos M.P.,2011. *Sideritis* spp.: Uses, chemical composition and pharmacological activities A Review, *Journal of Ethnopharmacology*, 135,209–225.
- Koedam A. 1986. Volatile Oil Composition of Greek Mountain Tea *Sideritis* spp. *J. Sci. Food Agric.*, 36, 681-684.

- Laer U., K Glombitza, and M. Neugebauer. 1996. The Essential Oil of *Sideritis syriaca*. *Planta Med.* 62.
- Mateo C., J. Calderon, and J. Sanz. 1988. Essential oils of some *Sideritis* species from central and southern Spain. *Phytochemistry*, Vol. 27, No. 1. pp. 151-153.
- Venturela P., A. Bellino, and M. L. Marino. 1983. Ucriol, an epoxy-diterpene from *Sideritis syriaca*. *Phytochemistry* . Vol. 22, No. 2, pp. 600-601.
- Villar A., A. Navarro, M. C. Zafra-Polo, and J. L Rios. 1984. Constituents of the essential oil of *sideritis mugronensis* *Piantes medicinales et phytotherapie*, Tome XVIII, p.150-153.
- Villar a., J. Esplugues, and M. J. Alcaraz. 1990. Isolation of an Antiflammatory Compound from *Sideritis mugronensis*. *Planta Medica* 39.
- Ανάσης Ε., 1976. Τα φαρμακευτικά βότανα της Ελλάδας: ονομασία, ιστορία, βοτανικοί χαρακτήρες, χρησιμότητες, φαρμακευτικές ιδιότητες, καλλιέργεια. Μακρής.
- Γεννάδιος Π., 1959. Λεξικόν Φυτολογικόν, Γκιούρδα.
- Γκέργκης Β., Ν. Αργυριαδη-Γιαννοβίτς, Κ. Πούλος. 1990. Εκχυλιση με υγρό διοξείδιο του άνθρακα και Freon-11 του φυτού *Sideritis Labiate* (Τσάι του Βουνού) με σκοπό τη μελέτη του αρωματός του. 2° Συνέδριο Χημείας Ελλάδος-Κύπρου.
- Γκόλιαρης Α. 1984. Το Τσάι του βουνού, από αυτοφυές τώρα στην καλλιέργεια. Υπουργείο Γεωργίας " Τα Αγροτικά" Τεύχος 16 : 29-31.
- Θαναπούλια Β., Σιατής Ν., 2008. Περί βοτάνων: πλήρης οδηγός βοτάνων, μορφολογία, ιδιότητες, τρόποι χρήσης. Αγγελάκη.

4. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ – ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1 Γενικά

Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε την καλλιεργητική περίοδο 2015 στο αγρόκτημα της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου όπου και μελετήθηκε η ανάπτυξη και απόδοση της καλλιέργειας του φυτού “τσάι του βουνού” με την εφαρμογή ελλειμματικής άρδευσης (πρώτη καλλιεργητική περίοδος). Η περιοχή του Βελεστίνου βρίσκεται δυτικά της πόλης του Βόλου και τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά της τοποθεσίας του αγροκτήματος είναι 39ο 23' γεωγραφικό πλάτος, 22ο 45' γεωγραφικό μήκος, ενώ το υψόμετρο από την επιφάνεια της θάλασσας αντιστοιχεί σε 50m. Τα αγροτεμάχια που παραχωρήθηκαν για την πραγματοποίηση του πειράματος ήταν έκτασης 500m² και οι κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, χαρακτηρίζονται ηπειρωτικές που συναντώνται στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου. Έτσι παρατηρείται ζεστό και ξηρό καλοκαίρι το οποίο εναλλάσσεται με ψυχρό και υγρό χειμώνα. Το έδαφος της περιοχής του αγροκτήματος είναι ασβεστούχο, αργιλοπηλώδες και καλά στραγγιζόμενο. Υφή τέτοιων εδαφών χαρακτηρίζεται αμμοαργιλοπηλώδης έως και αργιλώδης, ενώ η κοκκομετρική σύσταση μετρίως λεπτόκοκκη ως λεπτόκοκκη. Το pH του βρίσκεται σε αλκαλικά επίπεδα και έχει καλά αναπτυγμένο πορώδες, το οποίο αποτελείται από μικρούς και μεσαίου μεγέθους πόρους (Μήτσιος et al., 2000, Τερζίδης και Παπαζαφειρίου, 1997)

4.2 Καλλιέργεια εδάφους

Οι καλλιεργητικές εργασίες περιελάμβαναν κατεργασία του εδάφους με βαθύ καλλιεργητή, και στη συνέχεια, μερικές μέρες πριν τη φύτευση ένα ελαφρύ φρεζάρισμα για αναμόχλευση και απομάκρυνση των ζιζανίων.

Η φύτευση πραγματοποιήθηκε στις 24 Μαρτίου του 2015. Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκε ένα πλήρως τυχαιοποιημένο σχέδιο με 4 μεταχειρίσεις με 3 επαναλήψεις. Χρησιμοποιώντας σκαλιστήρι χειρός ανοίχτηκαν 6 αυλάκια βάθους 4-5 cm για κάθε επανάληψη. Η ισαποχή των αυλακιών ήταν 50 cm. Η φύτευση του τσαγιού έγινε με το χέρι σε αποστάσεις 50cm ανά φυτό. Μετά τη φύτευση δεν ακολούθησε λιπαντική αγωγή. Στις 21 Απριλίου έγινε η εγκατάσταση του αρδευτικού συστήματος (Παναγιώτου, 2016).

4.3 Σύστημα στάγδην Άρδευσης

Στην καλλιέργεια χρησιμοποιήθηκε επιφανειακό σύστημα στάγδην άρδευσης. Η άρδευση με σταγόνες ή στάγδην άρδευση είναι μια μέθοδος κατά την οποία νερό εφαρμόζεται στο χωράφι σε μικρές ποσότητες με τη μορφή σταγόνων έτσι που κάθε

φυτό χωριστά να εφοδιάζεται με την απαραίτητη για την κανονική του ανάπτυξη και απόδοση υγρασία. Η μέθοδος είναι πολύ αποτελεσματική όταν εφαρμόζεται σωστά και προσφέρεται για περιπτώσεις όπου το διαθέσιμο νερό είναι περιορισμένο, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να εφαρμοστούν άλλες μέθοδοι (κατάκλυση, περιορισμένη διάχυση, άρδευση με αυλάκια, καταιονισμός). Ένα ολοκληρωμένο σύστημα αποτελείται από τα δίκτυα μεταφοράς, εφαρμογής και από τη μονάδα ελέγχου (Παπαζαφειρίου, 1984; Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2003).

Το δίκτυο μεταφοράς αποτελείται από τους κύριους αγωγούς μεταφοράς που μεταφέρουν το νερό στους αγωγούς τροφοδοσίας, οι οποίοι εξασφαλίζουν την απαιτούμενη παροχή και φορτίο στις υδροληψίες των αγωγών εφαρμογής (Παπαζαφειρίου, 1984; Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, 2003).

Το δίκτυο εφαρμογής αποτελείται από εύκαμπτους σωλήνες πολυαιθυλενίου με συνηθισμένη διάμετρο 12-20mm, που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει και τα 25mm. Σε αυτούς, σε προκαθορισμένες θέσεις, τοποθετούνται ή ενσωματώνονται οι σταλακτήρες μέσω των οποίων το νερό φτάνει στο έδαφος με τη μορφή σταγόνων.

Η μονάδα ελέγχου τοποθετείται στην αρχή του δικτύου αμέσως μετά το αντλητικό συγκρότημα ή την υδροληψία αν το δίκτυο είναι συλλογικό και περιλαμβάνει μετρητή ροής, φίλτρα, ρυθμιστές πίεσης και συσκευές εφαρμογής λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων.

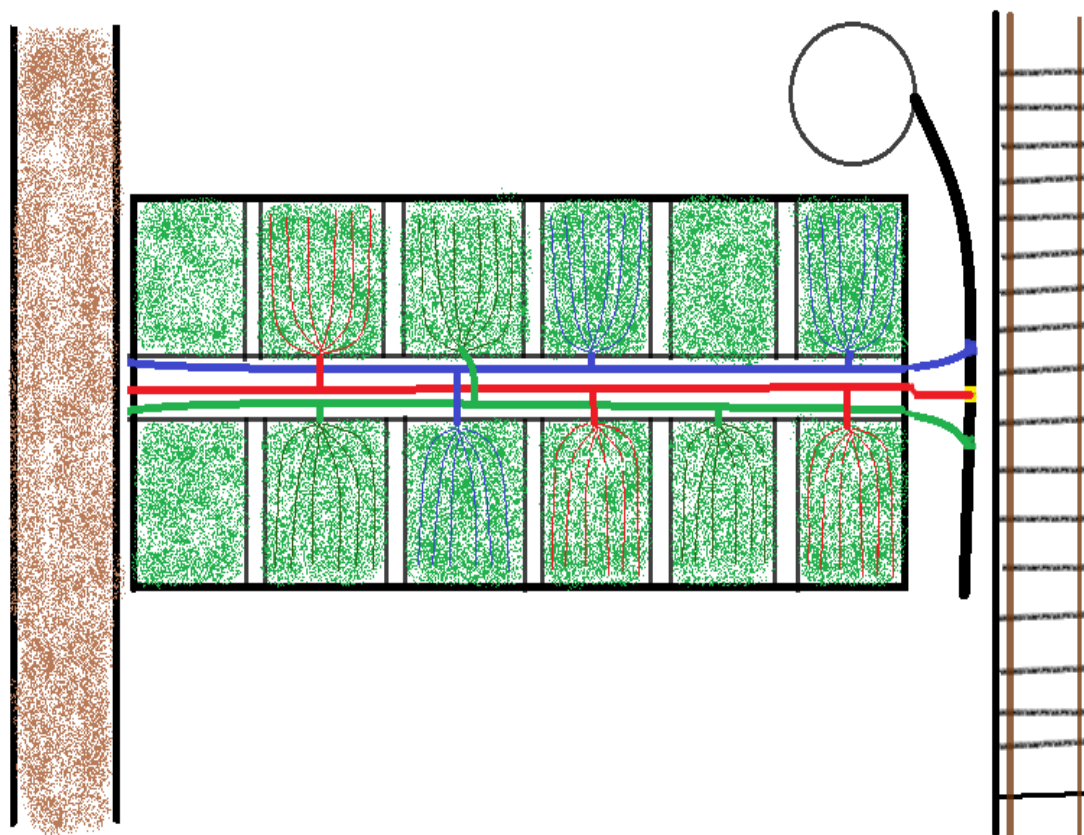
Πλεονεκτήματα επιφανειακής στάγδην άρδευσης:

- α) η χαμηλή πίεση λειτουργίας του συστήματος,
- β) η εξοικονόμηση αρδευτικού νερού,
- γ) η ταυτόχρονη χορήγηση λιπασμάτων σε υδατοδιαλυτή μορφή,
- δ) η μείωση των απωλειών νερού εξαιτίας της επιφανειακής απορροής,
- ε) η πλήρης αυτοματοποίηση της μεθόδου και
- στ) η εφαρμογή του σε περιοχές με εξαιρετικά ανώμαλη τοπογραφία χωρίς την ανάγκη ισοπέδωσης.

Πέρα όμως από τα πλεονεκτήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω η μέθοδος παρουσιάζει και μερικά μειονεκτήματα όπως:

- i) υψηλό κόστος πρώτης εγκατάστασης,
- ii) αδυναμία άμεσης προσέγγισης του νερού στο ενεργό ριζόστρωμα των φυτών (ειδικά σε βαριάς σύστασης εδάφη),
- iii) φθορά των υλικών λόγω των καιρικών συνθηκών, των καλλιεργητικών πρακτικών και της τοπικής υπέρχειας πανίδας,

iv) αποφυγή χρήσης αρδευτικού νερού με αυξημένη αλατότητα (έμφραξη σταλακτήρων, αύξηση αλατότητας στη ριζόσφαιρα).



Διάταξη αγροτεμαχίου συμφωνά με τη χάραξη.

Μεταχειρίσεις:

➡ 50%: Τσάι του βουνού αρδευόμενο, με επιφανειακή στάγδην άρδευση που καλύπτει το 50% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας, συμφωνά με τη μέθοδο Penman Monteith κατά FAO.

➡ 75%: Τσάι του βουνού αρδευόμενο, με επιφανειακή στάγδην άρδευση που καλύπτει το 75% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας, συμφωνά με τη μέθοδο Penman Monteith.

➡ 100%: Τσάι του βουνού αρδευόμενο, με επιφανειακή στάγδην άρδευση που καλύπτει το 100% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας, συμφωνά με τη μέθοδο Penman Monteith.

Σε τρεις επαναλήψεις η άρδευση είναι 0%.

4.4 Όργανα και μέθοδοι μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος:

4.4.1 Εξάτμιση και Διαπνοή- Εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ΕΤο

Η φυσική διεργασία της εξάτμισης είναι η ίδια άσχετα με το αν παρατηρείται σε επιφάνειες ελεύθερου νερού, στην επιφάνεια εδάφους ή σε φυτικές επιφάνειες εκτεθειμένες στην ατμόσφαιρα. Παρά ταύτα η εξάτμιση νερού που παρατηρείται στις φυτικές επιφάνειες και που προϋποθέτει μεταφορά εδαφικού νερού στις επιφάνειες αυτές διαμέσου του φυτού ονομάζεται διαπνοή. Τα φυτά κατά κύριο λόγο χάνουν το νερό δια μέσου των στοματίων του φυλλώματος.

Τα στομάτια είναι μικρά ανοίγματα στην επιφάνεια του φύλλου αποτελούμενα από ένα μεσοκυττάριο χώρο οριοθετούμενο από επιδερμικά κύτταρα και μεσοφυλλικά κύτταρα, μέσω των οποίων διέρχονται τα αέρια και οι υδρατμοί.

Το νερό μαζί με ορισμένα στοιχεία προσλαμβάνονται από το έδαφος μέσω του ριζικού συστήματος και μεταφέρονται δια μέσου των ιστών του φυτού. Η εξάτμιση συμβαίνει μέσα στον μεσοκυττάριο χώρο και ο ρυθμός απώλειας των υδρατμών ελέγχεται από το μεταβαλλόμενο άνοιγμα των στοματίων. Σχεδόν όλη η ποσότητα του προσλαμβανόμενου νερού χάνεται μέσω του μηχανισμού της διαπνοής και μόνο ένα μικρό κλάσμα χρησιμοποιείται εσωτερικά στο φυτό.

Η διαπνοή σαν άμεση εξάτμιση, εξαρτάται από την διαθέσιμη ενέργεια, την κλίση των υδρατμών και τον άνεμο. Συνεπώς η ακτινοβολία, η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και η ταχύτητα του ανέμου θεωρούνται σημαντικοί παράγοντες για το ρυθμό της διαπνοής. Αφ' ετέρου η ποσότητα του εδαφικού νερού, η συγκέντρωση αλάτων καθώς και η εδαφική επαφή με το ριζόστρωμα επιδρούν επίσης στο ρυθμό διαπνοής. Τα χαρακτηριστικά των φυτών, η καλλιεργητική πρακτική και τα στάδια ανάπτυξης μιας συγκεκριμένης καλλιέργειας είναι επιπρόσθετοι παράγοντες που μπορούν να καθορίσουν διαφορετικούς ρυθμούς διαπνοής.

Εκτός από την διαθεσιμότητα του νερού στην ανώτερη στρώση του εδάφους, η εξάτμιση από ένα καλλιεργούμενο έδαφος κατά ένα μεγάλο μέρος προσδιορίζεται από το κλάσμα της ολικής προσπίπτουσας ακτινοβολίας που φθάνει στην εδαφική επιφάνεια. Αυτό το κλάσμα ελαττώνεται συνεχώς κατά την διάρκεια της αύξησης του φυτού, από την αυξανόμενη φυλλική επιφάνεια που σκιάζει το έδαφος. Στα πρώτα στάδια ανάπτυξης της καλλιέργειας τον κυρίαρχο λόγο στην εξάτμιση κατέχει το έδαφος, αλλά καθώς τα φυτά αναπτύσσονται καλύπτοντας όλο και περισσότερο την

επιφάνεια του εδάφους, η διαπνοή γίνεται η κύρια διαδικασία απώλειας νερού. Επειδή ο διαχωρισμός των απωλειών νερού μιας εδαφικής μάζας με απ' ευθείας εξάτμιση στην επιφάνειά της από τις απώλειες διαπνοής είναι συνήθως πολύ δύσκολος, οι συνολικές απώλειες εξάτμισης του εδαφικού νερού θεωρούνται ενιαίο σύνολο και χαρακτηρίζονται με τον όρο *εξατμισοδιαπνοή, ET*.

Ο ρυθμός εξατμισοδιαπνοής από μια φυτοκαλυμμένη επιφάνεια αναφοράς, επαρκώς εφοδιασμένη με νερό, ονομάζεται *εξατμισοδιαπνοή αναφοράς* και συμβολίζεται με *ET_o*.

Η επιφάνεια αναφοράς είναι μία υποθετική καλλιέργεια γρασιδιού, ή μιας άλλης οριζόμενης καλλιέργειας με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Καθώς το νερό από την επιφάνεια αναφοράς που εξατμίζεται θεωρείται σε πλήρη επάρκεια, οι εδαφικοί παράγοντες δεν επιδρούν επί της *ET_o*. Μοναδικοί παράγοντες που επιδρούν συνεπώς είναι, οι κλιματικοί και τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας αναφοράς (καλλιέργεια αναφοράς) (Παπαζαφειρίου, 1984).

4.4.2 Το μοντέλο Penman-Monteith

Ένας μεγάλος αριθμός από εμπειρικές και ημιεμπειρικές εξισώσεις έχουν αναπτυχθεί για την αξιολόγηση της εξατμισοδιαπνοής της φυτικής κόμης ή εξατμισοδιαπνοής αναφοράς της φυτικής κόμης από μετεωρολογικά δεδομένα. Μερικές από τις μεθόδους είναι έγκυρες κάτω από συγκεκριμένες κλιματικές και αγρονομικές συνθήκες και δεν μπορούν να εφαρμοστούν κάτω από διαφορετικές από αυτές συνθήκες. Η μέθοδος FAO Penman-Monteith προτείνεται ως η ακριβέστερη μέθοδος για τον προσδιορισμό και υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς *ET_o*. Η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας *ET_c* κάτω από τυπικές συνθήκες μπορεί να υπολογισθεί από κλιματικά δεδομένα, εισάγοντας τις αντιστάσεις της φυτοκαλλιέργειας, την ανακλαστικότητα (albedo) και τους συντελεστές αντίστασης του αέρα στη μέθοδο Penman-Monteith.

Καθώς όμως η διαθεσιμότητα των παραπάνω παραμέτρων δεν είναι πάντοτε δυνατή για διαφόρους τύπους καλλιεργειών και κάτω από συγκεκριμένες κλιματολογικές συνθήκες, η χρήση των φυτικών συντελεστών *K_c* σε συνδυασμό με την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής αναφοράς *ET_o* θα μπορούσε να οδηγήσει στην εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας *ET_c* από τον λόγο: $ET_c / ET_o = K_c$ (Παπαζαφειρίου, 1984).

4.4.3 Προσέγγιση του φυτικού συντελεστή (K_c)

Στη προσέγγιση του K_c η εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας E_{Tc} υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς E_{To} με το K_c $E_{Tc} = K_c E_{To}$

όπου E_{Tc} : εξατμισοδιαπνοή καλλιέργειας

K_c : φυτικός συντελεστής

E_{To} : εξατμισοδιαπνοή αναφοράς

Οι περισσότερες επιρροές από τις κλιματικές συνθήκες είναι ενσωματωμένες στην εκτίμηση της E_{To} . Επομένως καθώς η E_{To} αντιπροσωπεύει τον δείκτη επίδρασης των κλιματικών συνθηκών ο K_c διαφοροποιείται με τα ειδικά χαρακτηριστικά κάθε καλλιέργειας και επηρεάζεται μόνο από περίπτωση ακραίων κλιματικών συνθηκών. Αυτό το γεγονός παρέχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιείται το K_c σε διαφορετικές περιοχές και κλίματα. Αυτός είναι ο πρωταρχικός λόγος της εκτεταμένης αποδοχής του και της χρησιμότητας της εξατμισοδιαπνοής καλλιέργειας. Ο φυτικός συντελεστής συνεπώς αντιπροσωπεύει μια σφαιρική επιρροή τεσσάρων βασικών χαρακτηριστικών που τον διαφοροποιούν από την καλλιέργεια αναφοράς. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι:

- Το ύψος της καλλιέργειας, το οποίο επηρεάζει τον όρο της αεροδυναμικής αντίστασης r_a , (ο οποίος εισάγεται στην εκτίμηση εξατμισοδιαπνοής αναφοράς με τη μέθοδο Penman-Monteith και την στροβιλώδη μεταφορά των υδρατμών από την καλλιέργεια στην ατμόσφαιρα).
 - Η ανακλαστικότητα α (albedo) της φυτικής κόμης και του εδάφους η οποία επηρεάζεται από το βαθμό φυτοκάλυψης και της κατάστασης επιφανειακής υγρασίας του εδάφους. Η ανακλαστικότητα έχει άμεση επιρροή στην ροή της καθαρής ακτινοβολίας R_n η οποία θεωρείται η βασική πηγή ενέργειας στη διαδικασία εξάτμισης.
 - Η αντίσταση της φυτοκόμης στην μεταφορά των υδρατμών από την καλλιέργεια στο περιβάλλον η οποία επηρεάζεται από την επιφάνεια του φυλλώματος, την ηλικία των φύλλων και τον έλεγχο και ρυθμό του ανοίγματος των στοματίων.
 - Την εξάτμιση από το έδαφος και ειδικότερα στη περίπτωση έκθεσης του εδάφους.
- Η υγρασιακή κατάσταση της επιφάνειας του εδάφους και το ποσοστό κάλυψής του από την καλλιέργεια επηρεάζει την τιμή της επιφανειακής αντίστασης r_s . Ο συνδυασμός της αντίστασης της φυτοκόμης με εκείνη του εδάφους προσδιορίζει την συνολική αντίσταση της επιφάνειας r_s (bulk surface resistance).

Συνεπώς ο φυτικός συντελεστής K_c ενσωματώνει όλα τα χαρακτηριστικά που διαφοροποιούν μια τυπική καλλιέργεια από την καλλιέργεια αναφοράς η οποία έχει πάντα σταθερά χαρακτηριστικά και πλήρη εδαφική κάλυψη και επιπρόσθετα το K_c δεν διαφοροποιείται μόνο από τον τύπο κάθε καλλιέργειας αλλά επηρεάζεται φυσικά και από τα στάδια ανάπτυξης κάθε καλλιέργειας (Παπαζαφειρίου, 1984).

4.4.4 Εξίσωση FAO Penman-Monteith

Επιτροπή εμπειρογνομόνων πρότεινε την υιοθέτηση της συνδυαστικής μεθόδου Penman-Monteith ως μια νέα πρότυπη μέθοδο για την εξατμισοδιαπνοή αναφοράς. Με τον καθορισμό της φυτικής κόμης αναφοράς ως υποθετικής φυτικής κόμης με υποθετικό ύψος φυτών τα 0.12m, που έχει αντίσταση επιφάνειας 70 s/m, η οποία μοιάζει αρκετά με την εξάτμιση μιας έκτασης πρασίνου (γρασιδιού) με ομοιόμορφο ύψος, αναπτυσσόμενης ενεργά και στην οποία η άρδευση δεν αποτελεί περιοριστικό παράγοντα, αναπτύχθηκε η μέθοδος FAO Penman-Monteith. Από την αυθεντική εξίσωση Penman-Monteith, και τις εξισώσεις της αεροδυναμικής αντίστασης και της αντίστασης επιφάνειας, η μέθοδος FAO Penman-Monteith για τον προσδιορισμό της ΕΤο δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$ET_o = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 \cdot u_2)}$$

όπου, ΕΤο: η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς [mm/day]

R_n : η καθαρή ακτινοβολία στην επιφάνεια φυτικής κόμης [MJ/m^2 day]

G : η πυκνότητα θερμικής ροής του εδάφους [MJ/m^2 day]

T : η μέση ημερήσια θερμοκρασία σε ύψος 2m [$^{\circ}\text{C}$]

u_2 : η ταχύτητα του ανέμου σε ύψος 2m [m/sec]

e : τάση κορεσμένων υδρατμών [kPa]

e : η πραγματική πίεση υδρατμών [kPa]

Δ : η κλίση της καμπύλης της πίεσης του ατμού [kPa $^{\circ}\text{C}$]

Γ : η ψυχομετρική σταθερά [kPa $^{\circ}\text{C}$]

Η εξατμισοδιαπνοή αναφοράς ΕΤο εκφράζει:

- Εξατμισοδιαπνοή σε διαφορετικές περιόδους του χρόνου ή σε διαφορετικές περιοχές δίνοντας συγκρίσιμα στοιχεία.
- Η εξατμισοδιαπνοή από διαφορετικές φυτικές κόμεις.

Η εξίσωση χρησιμοποιεί πρότυπες κλιματολογικές καταγραφές της ηλιακής ακτινοβολίας (ηλιοφάνεια), της θερμοκρασίας του αέρα, της υγρασίας και της ταχύτητας του ανέμου. Για διασφάλιση της ακεραιότητας των υπολογισμών, οι κλιματικές παράμετροι θα πρέπει να μετρούνται στα 2m πάνω από μια εκτεταμένη επιφάνεια γρασιδιού που σκιάζει πλήρως το έδαφος και δεν βρίσκεται κοντά σε νερό (Οικονόμου, 2016).

4.4.5 Μετεωρολογικά Δεδομένα

Εκτός από την τοποθεσία, η εξίσωση FAO Penman-Monteith απαιτεί πληροφορίες για τη θερμοκρασία αέρα, την υγρασία, την ακτινοβολία και ταχύτητα του ανέμου, με εβδομαδιαίες, δεκαήμερες ή μηνιαίες μετρήσεις. Είναι σημαντικό να εντοπίσουμε τις μονάδες στις οποίες γίνονται οι καταγραφές των καιρικών πληροφοριών.

Τοποθεσία: Το ύψος πάνω από το επίπεδο της θάλασσας (m) και το γεωγραφικό πλάτος της τοποθεσίας θα πρέπει να διευκρινιστεί. Αυτές οι πληροφορίες χρειάζεται να προσαρμοστούν κάποιες καιρικές παράμετροι με τη μέση τοπική τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης και να υπολογίσουν την ακτινοβολία εκτός ατμόσφαιρας (R_a) και σε μερικές περιπτώσεις τις ώρες διάρκειας της ημέρας (N). Στις υπολογιστικές διεργασίες για τα R_a , N , το γεωγραφικό πλάτος εκφράζεται σε ακτίνια. Θετική τιμή χρησιμοποιείται για το βόρειο ημισφαίριο και αρνητική τιμή για το νότιο.

Θερμοκρασία: Οι (μέσες) ημερήσιες μέγιστες και ελάχιστες θερμοκρασίες αέρα σε βαθμούς Κελσίου ($^{\circ}\text{C}$) είναι αναγκαίες. Χρησιμοποιώντας τη μέση θερμοκρασία αέρα αντί των μέγιστων και ελάχιστων θερμοκρασιών αέρα, παράγεται χαμηλότερη κορεσμένη πίεση ατμού e_s και ως εκ τούτου χαμηλότερη διαφορά πίεσης ατμού ($e_s - e_a$), και χαμηλότερη υπολογίσιμη εξατμισοδιαπνοή αναφοράς.

Υγρασία: Η (μέση) ημερήσια πραγματική πίεση ατμού e_a σε kPa είναι αναγκαία. Η πραγματική πίεση ατμού όπου δεν είναι διαθέσιμη, μπορεί να υπολογιστεί από τη μέγιστη και ελάχιστη σχετική υγρασία (%), σε ψυχομετρική πληροφορία ή σε θερμοκρασία σημείου δρόσου.

Ακτινοβολία: Η (μέση) ημερήσια καθαρή ακτινοβολία εκφρασμένη σε $\text{MJ/m}^2 \text{ day}$ είναι αναγκαία. Αυτές οι πληροφορίες δεν είναι συνήθως διαθέσιμες, αλλά μπορούν να παραχθούν από τη (μέση) μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία μετρημένη με πυρανόμετρο, ή από τη (μέση) ημερήσια πραγματική διάρκεια της ηλιοφάνειας (ώρες ανά μέρα) μετρημένη με καταγραφέα ηλιοφάνειας.

Ταχύτητα ανέμου: Η (μέση) ημερήσια ταχύτητα ανέμου (σε m/sec) μετρημένη σε ύψος 2m πάνω από το έδαφος είναι αναγκαία. Είναι σημαντικό να διευκρινιστεί το ύψος στο οποίο η ταχύτητα του ανέμου θα μετρείται καθώς οι ταχύτητες του ανέμου μετρούμενες σε διαφορετικά ύψη διαφέρουν (Παναγιώτου, 2016).

Ακολουθώντας τα παραπάνω δεδομένα, και τις παραπάνω εξισώσεις, υπολογίστηκαν οι ώρες άρδευσης της καλλιέργειας για 7 μήνες.

4.4.6 Πρόγραμμα άρδευσης καλλιέργειας κατά P-Mon FAO 56

Ημερομηνία	Ημέρες από 1/1/2015	Ημέρες από τη Φύτευση 24/3/15	Εο mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη βροχή ΩB=0,8*B mm	Ιε	Εξατμ/πνοή Καλλιέργειας In=ETc - ΩB (ETc-Eo*Kc) (4)*(7)-(6) mm	Καθαρές ανάγκες Ida=In(100%) (11) mm	Σταλάκτες ανά φυτό n=St/2*Sa	Οριαίο ύψος βροχής Idh=(q*n)/(St*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης It= Ida(100%)/Idh	Σταγόνα 50cm 100%	Σταγόνα 50cm 75%	Σταγόνα 50cm 50%
24/3/2015	83	0	0,85	0,2	0,16		-0,16		1	16	0,00			
25/3/2015	84	1	0,10	6,2	4,96		-4,96		1	16	0,00			
26/3/2015	85	2	0,00	9,0	7,2		7,20		1	16	0,00			
27/3/2015	86	3	0,30	4,2	3,36		-3,36		1	16	0,00			
28/3/2015	87	4	1,19	2,4	1,92		-1,92		1	16	0,00			
29/3/2015	88	5	1,85	1,0	0,8		-0,80		1	16	0,00			
30/3/2015	89	6	2,85	1,8	1,44		-1,44		1	16	0,00			
31/3/2015	90	7	3,16	0,6	0,48		-0,48		1	16	0,00			
1/4/2015	91	8	3,57	0,0	0		0,00		1	16	0,00			
2/4/2015	92	9	4,21	0,0	0		0,00		1	16	0,00			
3/4/2015	93	12	1,17	0,0	0		0,00		1	16	0,00			
6/4/2015	96	13	1,74	6,00	4,8		-4,80		1	16	0,00			
7/4/2015	97	14	2,12	2,00	1,6		-1,60		1	16	0,00			
8/4/2015	98	15	1,24	10,0	8		-8,00		1	16	0,00			
9/4/2015	99	16	2,67	1,60	1,28		-1,28		1	16	0,00			
10/4/2015	100	17	3,90	0,00	0		0,00		1	16	0,00			
11/4/2015	101	18	3,39	0,00	0		0,00		1	16	0,00			
12/4/2015	102	19	3,55	0,00	0		0,00		1	16	0,00			
13/4/2015	103	20	3,35	0,0	0		0,00		1	16	0,00			
14/4/2015	104	21	2,92	1,0	0,8		-0,80		1	16	0,00			
15/4/2015	105	22	3,79	0,80	0,64		-0,64		1	16	0,00			
16/4/2015	106	23	3,79	0,00	0		0,00		1	16	0,00			
17/4/2015	107	24	4,88	0,00	0		0,00		1	16	0,00			
18/4/2015	108	25	5,69	0,00	0		0,00		1	16	0,00			
19/4/2015	109	26	3,72	0,00	0		0,00		1	16	0,00			
18/4/2015	108	25	5,69	0,00	0		0,00		1	16	0,00			
19/4/2015	109	26	3,72	0,00	0		0,00		1	16	0,00			
20/4/2015	110	27	0,95	2,00	1,6		-1,60		1	16	0,00			
21/4/2015	111	28	2,75	0,00	0		0,00		1	16	0,00			
22/4/2015	112	29	3,60	0,00	0		0,00		1	16	0,00			
23/4/2015	113	30	3,31	0,00	0		0,00		1	16	0,00			
24/4/2015	114	31	2,49	0,00	0	0,10	0,25	-39,04	1	16	-2,44			
25/4/2015	115	32	2,27	0,80	0,64	0,10	-0,41		1	16	0,00			
26/4/2015	116	33	3,33	0,20	0,16	0,10	0,17		1	16	0,00			
27/4/2015	117	34	3,61	0,00	0	0,10	0,36		1	16	0,00			
28/4/2015	118	35	4,68	0,00	0	0,10	0,47		1	16	0,00			
29/4/2015	119	36	4,17	0,00	0	0,10	0,42		1	16	0,00			
30/4/2015	120	37	2,95	0,00	0	0,10	0,30		1	16	0,00			
1/5/2015	121	38	3,82	0,00	0	0,10	0,38	1,55	1	16	0,10	0h 06'	0h 05'	0h 03'
2/5/2015	122	39	2,89	0,00	0	0,10	0,29		1	16	0,00			
3/5/2015	123	40	4,12	0,00	0	0,10	0,41		1	16	0,00			
4/5/2015	124	41	4,69	0,00	0	0,10	0,47		1	16	0,00			
5/5/2015	125	42	4,70	0,00	0	0,10	0,47		1	16	0,00			
6/5/2015	126	43	4,95	0,00	0	0,10	0,50		1	16	0,00			
7/5/2015	127	44	3,78	0,00	0	0,10	0,38		1	16	0,00			
8/5/2015	128	45	4,98	0,00	0	0,10	0,50	2,90	1	16	0,18	0h 11'	0h 08'	0h 06'
9/5/2015	129	46	3,27	0,80	0,64	0,10	-0,31		1	16	0,00			
10/5/2015	130	47	2,97	0,40	0,32	0,10	-0,02		1	16	0,00			
11/5/2015	131	48	1,75	1,00	0,8	0,10	-0,63		1	16	0,00			
12/5/2015	132	49	4,64	0,20	0,16	0,10	0,30		1	16	0,00			
13/5/2015	133	50	4,15	0,00	0	0,10	0,42		1	16	0,00			
14/5/2015	134	51	4,71	0,00	0	0,10	0,47		1	16	0,00			
15/5/2015	135	52	4,98	0,00	0	0,10	0,50	0,73	1	16	0,05	0h 03'	0h 02'	0h 01'
16/5/2015	136	53	4,69	0,00	0	0,10	0,47		1	16	0,00			

Ημερομηνία	Ημέρες από 1/1/2015	Ημέρες από τη Φύτευση 24/3/15	Εο mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη βροχή ΩB=0,8*B mm	kc	Εξατμ/πνοή Καλλιέργειας In=ETc - ΩB (ETc=Eo*Kc) (4)*(7)-(6)	Καθαρές ανάγκες Ida=In(100%) (11) mm	Σταλάκτες ανά φυτό n=St/2*Se	Ωριαίο ύψος βροχής Idh= (q*n)/(St*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης 100% It= Ida(100%)/Idh	Σταγόνα 50cm 100%	Σταγόνα 50cm 75%	Σταγόνα 50cm 50%
16/5/2015	136	53	4,69	0,00	0	0,10	0,47		1	16	0,00			
17/5/2015	137	54	4,51	0,00	0	0,10	0,45		1	16	0,00			
18/5/2015	138	55	4,64	0,00	0	0,10	0,46		1	16	0,00			
19/5/2015	139	56	3,42	0,00	0	0,10	0,34		1	16	0,00			
20/5/2015	140	57	4,40	0,00	0	0,10	0,44		1	16	0,00			
21/5/2015	141	58	3,62	0,00	0	0,10	0,36		1	16	0,00			
22/5/2015	142	59	2,68	0,00	0	0,10	0,27	3,03	1	16	0,19	0h 12'	0h 09'	0h 06'
23/5/2015	143	60	4,87	0,00	0	0,10	0,49		1	16	0,00			
24/5/2015	144	61	4,32	0,00	0	0,10	0,43		1	16	0,00			
25/5/2015	145	62	6,34	0,00	0	0,20	1,27		1	16	0,00			
26/5/2015	146	63	5,11	0,00	0	0,20	1,02		1	16	0,00			
27/5/2015	147	64	1,97	11,40	9,12	0,20	-8,73		1	16	0,00			
28/5/2015	148	65	0,71	0,60	0,48	0,20	-0,34		1	16	0,00			
29/5/2015	149	66	3,02	0,00	0	0,20	0,60	-5,59	1	16	-0,35	0h 00'	0h 00'	0h 00'
30/5/2015	150	67	3,91	0,00	0	0,20	0,78		1	16	0,00			
31/5/2015	151	68	4,49	0,00	0	0,20	0,90		1	16	0,00			
1/6/2015	152	69	4,59	0,00	0	0,20	0,92		1	16	0,00			
2/6/2015	153	70	5,00	0,00	0	0,20	1,00		1	16	0,00			
3/6/2015	154	71	5,56	0,00	0	0,20	1,11		1	16	0,00			
4/6/2015	155	72	5,29	0,00	0	0,20	1,06		1	16	0,00			
5/6/2015	156	73	5,78	0,00	0	0,20	1,16	6,37	1	16	0,40	0h 24'	0h 18'	0h 12'
6/6/2015	157	74	3,51	0,00	0	0,20	0,70		1	16	0,00			
7/6/2015	158	75	0,82	5,00	4	0,20	-3,84		1	16	0,00			
8/6/2015	159	76	1,64	0,00	0	0,20	0,33		1	16	0,00			
9/6/2015	160	77	3,56	0,00	0	0,20	0,71		1	16	0,00			
10/6/2015	161	78	3,95	0,00	0	0,20	0,79		1	16	0,00			
11/6/2015	162	79	4,64	0,00	0	0,20	0,93		1	16	0,00			
12/6/2015	163	80	5,70	0,00	0	0,20	1,14	0,78	1	16	0,05	0h 03'	0h 02'	0h 01'
13/6/2015	164	81	5,33	0,00	0	0,20	1,07		1	16	0,00			
14/6/2015	165	82	5,64	0,00	0	0,20	1,13		1	16	0,00			
15/6/2015	166	83	6,10	0,00	0	0,20	1,22		1	16	0,00			
16/6/2015	167	84	5,59	0,00	0	0,20	1,12		1	16	0,00			
17/6/2015	168	85	5,60	0,00	0	0,20	1,12		1	16	0,00			
18/6/2015	169	86	2,11	20,40	16,32	0,20	-15,90		1	16	0,00			
19/6/2015	170	87	4,11	2,20	1,76	0,20	-0,94	-9,11	1	16	-0,57	0h 00'	0h 00'	0h 00'
20/6/2015	171	88	4,81	0,00	0	0,20	0,96		1	16	0,00			
21/6/2015	172	89	2,00	14,20	11,36	0,20	-10,96		1	16	0,00			
22/6/2015	173	90	4,20	4,00	3,2	0,20	-2,36		1	16	0,00			
23/6/2015	174	91	4,43	0,00	0	0,20	0,89		1	16	0,00			
24/6/2015	175	92	4,88	0,00	0	0,20	0,98		1	16	0,00			
25/6/2015	176	93	5,25	0,00	0	0,40	2,10		1	16	0,00			
26/6/2015	177	94	6,84	0,00	0	0,40	2,74	-9,33	1	16	-0,58	0h 00'	0h 00'	0h 00'
27/6/2015	178	95	3,29	0,60	0,48	0,40	0,84		1	16	0,00			
28/6/2015	179	96	3,45	0,80	0,64	0,40	0,74		1	16	0,00			
29/6/2015	180	97	4,22	0,20	0,16	0,40	1,53		1	16	0,00			
30/6/2015	181	98	1,90	32,00	25,6	0,40	-24,84		1	16	0,00			
1/7/2015	182	99	3,37	0,00	0	0,40	1,35		1	16	0,00			
2/7/2015	183	100	4,47	0,00	0	0,40	1,79		1	16	0,00			
3/7/2015	184	101	4,21	0,00	0	0,40	1,68	-15,86	1	16	-0,99	0h 00'	0h 00'	0h 00'
4/7/2015	185	102	4,93	0,00	0	0,40	1,97		1	16	0,00			
5/7/2015	186	103	4,90	0,00	0	0,40	1,96		1	16	0,00			
6/7/2015	187	104	5,10	0,00	0	0,40	2,04		1	16	0,00			
7/7/2015	188	105	5,68	0,00	0	0,40	2,27		1	16	0,00			
8/7/2015	189	106	5,52	0,00	0	0,40	2,21		1	16	0,00			
9/7/2015	190	107	5,18	0,00	0	0,40	2,07		1	16	0,00			
10/7/2015	191	108	3,74	0,60	0,48	0,40	1,02	14,21	1	16	0,89	0h 54'	0h 41'	0h 27'
11/7/2015	192	109	4,56	0,00	0	0,40	1,82		1	16	0,00			
12/7/2015	193	110	5,00	0,00	0	0,40	2,00		1	16	0,00			
13/7/2015	194	111	5,10	0,00	0	0,40	2,04		1	16	0,00			
14/7/2015	195	112	4,99	0,00	0	0,40	2,00		1	16	0,00			
15/7/2015	196	113	5,38	0,00	0	0,40	2,15		1	16	0,00			
16/7/2015	197	114	5,41	0	0	0,40	2,16		1	16	0,00			

Ημερομηνία	Ημέρες από 1/1/2015	Ημέρες από τη Φύτευση 24/3/15	Εο mm	Βροχή B mm	Οφέλιμη βροχή ΩB=0,8*B 0,8*(5) mm	κc	Εξατμ/πνοή Καλλιέργειας In=ETc - ΩB (ETc=Eo*Kc) (4)*(7)-(6)	Καθαρές ανάγκες Ida=In(100%) (11) mm	Σταλάκτες ανά φυτό n=St/2*Se	Ωριαίο ύψος βροχής Idh= (q*n)/(St*St) mm/h	Διάρκεια άρδευσης 100% It= Ida(100%)/Idh	Σταγόνα 50cm 100%	Σταγόνα 50cm 75%	Σταγόνα 50cm 50%
17/7/2015	198	115	5,95	0	0	0,40	2,38	13,19	1	16	0,82	0h 49'	0h 37'	0h 24'
18/7/2015	199	116	5,95	0	0	0,40	2,38		1	16	0,00			
19/7/2015	200	117	5,89	0	0	0,40	2,36		1	16	0,00			
20/7/2015	201	118	5,42	0	0	0,40	2,17		1	16	0,00			
21/7/2015	202	119	5,43	0	0	0,40	2,17		1	16	0,00			
22/7/2015	203	120	6,27	0	0	0,40	2,51		1	16	0,00			
23/7/2015	204	121	5,73	0	0	0,40	2,29		1	16	0,00			
24/7/2015	205	122	5,25	0	0	0,40	2,10	16,26	1	16	1,02	1h 01'	0h 46'	0h 32'
25/7/2015	206	123	5,38	0	0	0,60	3,23		1	16	0,00			
26/7/2015	207	124	5,21	0	0	0,60	3,13		1	16	0,00			
27/7/2015	208	125	5,44	0	0	0,60	3,26		1	16	0,00			
28/7/2015	209	126	5,58	0	0	0,60	3,35		1	16	0,00			
29/7/2015	210	127	5,62	0	0	0,60	3,37		1	16	0,00			
30/7/2015	211	128	5,47	0	0	0,60	3,28		1	16	0,00			
31/7/2015	212	129	5,51	0,4	0,32	0,60	2,99	21,72	1	16	1,36	1h 22'	1h 02'	0h 41'
1/8/2015	213	130	5,09	0,8	0,64	0,60	2,41		1	16	0,00			
2/8/2015	214	131	3,83	0	0	0,60	2,30		1	16	0,00			
3/8/2015	215	132	4,80	0	0	0,60	2,88		1	16	0,00			
4/8/2015	216	133	5,19	0	0	0,60	3,11		1	16	0,00			
5/8/2015	217	134	5,73	0	0	0,60	3,44		1	16	0,00			
6/8/2015	218	135	4,90	0,4	0,32	0,60	2,62		1	16	0,00			
7/8/2015	219	136	3,19	0,4	0,32	0,60	1,59	19,75	1	16	1,23	1h 14'	0h 56'	0h 37'
8/8/2015	220	137	5,23	0	0	0,60	3,14		1	16	0,00			
9/8/2015	221	138	4,52	0	0	0,60	2,71		1	16	0,00			
10/8/2015	222	139	4,73	0	0	0,60	2,84		1	16	0,00			
11/8/2015	223	140	4,77	0	0	0,60	2,86		1	16	0,00			
12/8/2015	224	141	4,83	0	0	0,60	2,90		1	16	0,00			
13/8/2015	225	142	4,88	0	0	0,60	2,93		1	16	0,00			
14/8/2015	226	143	4,56	0	0	0,60	2,74	18,97	1	16	1,19	1h 12'	0h 54'	0h 36'
15/8/2015	227	144	5,00	0	0	0,60	3,00		1	16	0,00			
16/8/2015	228	145	5,14	0	0	0,60	3,08		1	16	0,00			
17/8/2015	229	146	6,26	0	0	0,60	3,76		1	16	0,00			
18/8/2015	230	147	5,41	0	0	0,60	3,25		1	16	0,00			
19/8/2015	231	148	4,93	0	0	0,60	2,96		1	16	0,00			
20/8/2015	232	149	4,20	0	0	0,60	2,52		1	16	0,00			
21/8/2015	233	150	3,55	0	0	0,60	2,13	21,30	1	16	1,33	1h 20'	1h 00'	0h 40'
22/8/2015	234	151	2,50	0,6	0,48	0,60	1,02		1	16	0,00			
23/8/2015	235	152	3,08	0,6	0,48	0,60	1,37		1	16	0,00			
24/8/2015	236	153	4,10	0	0	0,60	2,46		1	16	0,00			
25/8/2015	237	154	4,65	0	0	0,80	3,72		1	16	0,00			
26/8/2015	238	155	4,82	0	0	0,80	3,86		1	16	0,00			
27/8/2015	239	156	5,09	0	0	0,80	4,07		1	16	0,00			
28/8/2015	240	157	5,11	0	0	0,80	4,09	18,63	1	16	1,16	1h 10'	0h 53'	0h 35'
29/8/2015	241	158	5,21	0	0	0,80	4,17		1	16	0,00			
30/8/2015	242	159	4,94	0	0	0,80	3,95		1	16	0,00			
31/8/2015	243	160	4,75	0	0	0,80	3,80		1	16	0,00			

Ημερομηνία	Ημέρες από 1/1/2015	Ημέρες από τη Φύτευση 24/3/15	Εο mm	Βροχή B mm	Ωφέλιμη βροχή ΩB=0,8*B 0,8*(5) mm	Ιε	Εξατμ/πνοή Καλλιέργειας In=ETc - ΩB (ETc=Eo*Kc) (4)*(7)-(6) mm	Καθαρές ανάγκες Ιda=In(100%) (11) mm	Στολάκτες ανά φυτό n=St/2*Se	Ωριαίο ύψος βροχής Ιdh= (q*n)/(St*Sr) mm/h	Διάρκεια άρδευσης 100% It= Ιda(100%)/Ιdh	Σταγόνα 50cm 100%	Σταγόνα 50cm 75%	Σταγόνα 50cm 50%
1/9/2015	244	161	4,69	0	0	0,80	3,75		1	16	0,00			
2/9/2015	245	162	4,61	0	0	0,80	3,69		1	16	0,00			
3/9/2015	246	163	4,62	0	0	0,80	3,70		1	16	0,00			
4/9/2015	247	164	4,89	0	0	0,80	3,91	27,14	1	16	1,70	1h 42'	1h 17'	0h 51'
5/9/2015	248	165	5,17	0	0	0,80	4,14		1	16	0,00			
6/9/2015	249	166	5,58	0	0	0,80	4,46		1	16	0,00			
7/9/2015	250	167	4,82	0	0	0,80	3,86		1	16	0,00			
8/9/2015	251	168	3,49	0,4	0,32	0,80	2,47		1	16	0,00			
9/9/2015	252	169	1,70	0,6	0,48	0,80	0,88		1	16	0,00			
10/9/2015	253	170	2,66	0,4	0,32	0,80	1,81		1	16	0,00			
11/9/2015	254	171	2,76	0,2	0,16	0,80	2,05	21,53	1	16	1,35	1h 21'	1h 01'	0h 41'
12/9/2015	255	172	4,31	0	0	0,80	3,45		1	16	0,00			
13/9/2015	256	173	2,88	0	0	0,80	2,30		1	16	0,00			
14/9/2015	257	174	3,77	0	0	0,80	3,02		1	16	0,00			
15/9/2015	258	175	3,73	0	0	0,80	2,98		1	16	0,00			
16/9/2015	259	176	3,62	0	0	0,80	2,90		1	16	0,00			
17/9/2015	260	177	3,70	0	0	0,80	2,96		1	16	0,00			
18/9/2015	261	178	3,92	0	0	0,80	3,14	19,66	1	16	1,23	1h 14'	0h 56'	0h 37'
19/9/2015	262	179	4,07	0	0	0,80	3,26		1	16	0,00			
20/9/2015	263	180	4,17	0	0	0,80	3,34		1	16	0,00			
21/9/2015	264	181	0,49	0,8	0,64	0,80	-0,25		1	16	0,00			
22/9/2015	265	182	0,43	0,6	0,48	0,80	-0,14		1	16	0,00			
23/9/2015	266	183	1,77	0,2	0,16	0,80	1,26		1	16	0,00			
24/9/2015	267	184	2,52	0,2	0,16	0,80	1,86		1	16	0,00			
25/9/2015	268	185	2,57	0,2	0,16	0,80	1,90	12,46	1	16	0,78	0h 47'	0h 35'	0h 23'
26/9/2015	269	186	0,27	0,2	0,16	0,80	0,06		1	16	0,00			
27/9/2015	270	187	1,98	0,2	0,16	0,80	1,42		1	16	0,00			
28/9/2015	271	188	2,91	0,2	0,16	0,80	2,17		1	16	0,00			
29/9/2015	272	189	2,63	0	0	0,80	2,10		1	16	0,00			
30/9/2015	273	190	0,65	0	0	0,80	0,52	8,17	1	16	0,51	0h 31'	0h 23'	0h 16'
							169,39	169,39						

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι έγιναν 23 αρδεύσεις, μια φορά την εβδομάδα με το χρόνο άρδευσης που αναφέρεται πιο πάνω για κάθε μεταχείριση.

4.5 Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν

Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για την συγκεκριμένη έρευνα αφορούσαν μόνο δύο (2) από τις τέσσερις (4) μεταχειρίσεις του συνολικού πειράματος (πλήρης έρευνα) και αυτές ήταν η μεταχείριση που αρδεύτηκε με το 100% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας και εκείνη που δέχτηκε το 50% των αναγκών σε νερό της καλλιέργειας. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν στο ύψος των φυτών, στο βάρος χλωρής και ξηρής παραγωγής (βιομάζα) και αναλύσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών. Ακολούθησε η στατιστική ανάλυση των δεδομένων για την εξαγωγή αποτελεσμάτων – συμπερασμάτων.

4.5.1 Ύψος φυτών

Για την παρατήρηση του ρυθμού ανάπτυξης στο τσάι του βουνού, έγινε μέτρηση του ύψους των φυτών στις δύο μεταχειρίσεις. Σε κάθε μια από επανάληψη, επιλέχθηκαν τυχαία 10 φυτά για δειγματοληψία, στα οποία και μετρήθηκε το ύψος τους.

Το μέσο ύψος κάθε μεταχείρισης προέκυψε από το σύνολο των φυτών και των τριών επαναλήψεων. Πραγματοποιήθηκαν 2 συνολικά μετρήσεις. Η πρώτη έγινε στις 4/6/2015 και η δεύτερη 26/6/2015.

4.5.2 Χλωρό και ξηρό βάρος

Πραγματοποιήθηκαν 2 συγκομιδές. Μετά από κάθε συγκομιδή, ζυγίστηκε σε ζυγαριά ακριβείας το χλωρό βάρος του τσαγιού (εικ.21).

Στη συνέχεια τα φυτά τσαγιού που κόπηκαν δεματοποιήθηκαν σε δέσμες, και μεταφέρθηκε σε κλειστό θερμοκήπιο με ανοιγόμενα παράθυρα για 10 μέρες έτσι ώστε να αποξηραθεί (εικ.22). Μετά από 10 μέρες ζυγίστηκε το ξηρό βάρος πάλι με ζυγαριά ακριβείας.



Εικόνα 21: Δέσμες τσαγιού για ζύγισμα



Εικόνα 22: Αποξήρανση της καλλιέργειας στο θερμοκήπιο

4.5.3 Αναλύσεις ποιοτικών χαρακτηριστικών

Για την ανάλυση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων του τσαγιού ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία:

Ομογενοποιήσαμε (φύλλα, άνθη, στέλεχος μαζί) 3 g δείγματος σε 100 ml βρασμένο αποσταγμένο νερό για 10 min και παραλάβαμε το εκχύλισμα με διήθηση. (Τα 3 g αντιστοιχούν σε μια δόση και τα 100 ml νερό αντιστοιχούν σε ένα φλιτζάνι, ενώ 10 min είναι ο χρόνος παραμονής του τσαγιού στο βρασμένο νερό).

Οι ολικές Φαινόλες εκφράστηκαν ως ισοδύναμο Γαλλικού οξέος με το αντιδραστήριο Folin και η αντιοξειδωτική ικανότητα εκφράστηκε ως Trolox ισοδύναμο αντιοξειδωτικής ικανότητας (TEAC) με την μέθοδο FRAP.

4.5.4 Στατιστική ανάλυση

Για την πραγματοποίηση της στατιστικής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS v.18. Επειδή έπρεπε να γίνει σύγκριση μεταξύ μέσων όρων κάθε φορά (μεταχειρίσεις 100% και 50%) για το χλωρό και ξηρό βάρος καθώς και για το ύψος των φυτών ενός παράγοντα (ποσότητα δόσης άρδευσης) χρησιμοποιήθηκε η λειτουργία ONEWAY ANOVA (statistics descriptives, missing analysis και posthoc=duncan lsd alpha(0.05)) του λογισμικού – στατιστικού πακέτου.

Η παρουσίαση των επεξεργασμένων δεδομένων είναι τόσο ανά ημερομηνία μέτρησης όσο και στο σύνολο των μετρήσεων.

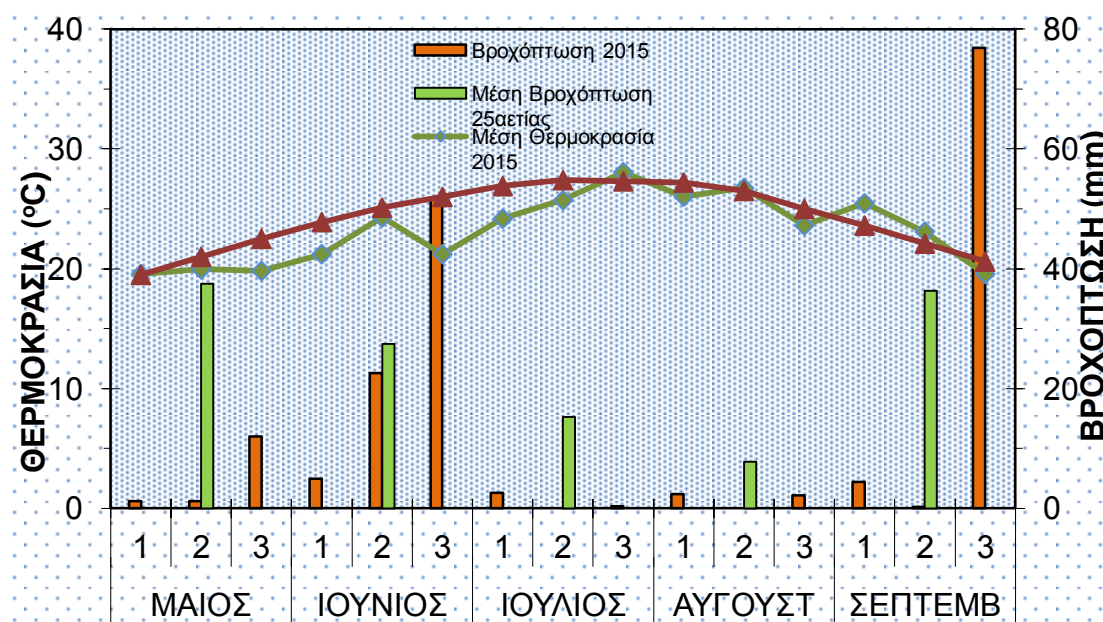
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Μήτσιος, Ι., Τούλιος Μ., Χαρούλης Α., Γάτσιος Φ. και Φλωράς Σ., 2000. Εδαφολογική μελέτη και εδαφολογικός Χάρτης του αγροκτήματος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην περιοχή του Βελεστίνου. Εκδόσεις Zymel, Αθήνα.
- Οικονόμου Ν., 2016. Ευφυής έλεγχος με ασαφή λογική για τον αυτοματισμό ενός συστήματος άρδευσης. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Παναγιώτου Α., 2016. Πειραματική διερεύνηση ανάπτυξης του φυτού “τσάι του βουνού” με την εφαρμογή άρδευσης (1η καλλιεργητική περίοδος). Πτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.
- Παπαζαφειρίου Ζ. Γ., 1984. < Αρχές και πρακτική των αρδεύσεων.> Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ., 2003. <Σημειώσεις αρδεύσεων> Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.
- Τερζίδης Γ.Α. και Παπαζαφειρίου Ζ.Γ., 1997. < Γεωργική υδραυλική>, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 Κλιματολογικά δεδομένα

Στο διάγραμμα 1 φαίνονται η μέση θερμοκρασία και η ωφέλιμη βροχόπτωση κατά τη διάρκεια της καλλιεργητικής περιόδου 2015 καθώς και οι μέσες τιμές θερμοκρασίας και βροχοπτώσεων της τελευταίας 25ετίας.



Διάγραμμα 1. Μέσοι όροι θερμοκρασίας και βροχόπτωσης Μαΐου-Οκτωβρίου 2015 και των τελευταίων 25 ετών (ανά 10 ήμερο).

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 1, η βροχόπτωση το 2015 δεν κινήθηκε στα πλαίσια της μέσης βροχόπτωσης της 25ετίας. Φαίνεται χαρακτηριστικά ότι το δεύτερο 10 ήμερο του Μαΐου δεν είχαμε σχεδόν καθόλου βροχόπτωση σε σχέση με τη Μ.Β της 25ετίας. Αυτό παρατηρείται και στο 2^ο 10ήμερο του Σεπτεμβρίου. Τα ακριβώς αντίθετα παρατηρούνται στο 3^ο δεκαήμερο του Ιουνίου και Σεπτεμβρίου.

Σε ότι αφορά τη θερμοκρασία, αυτή κινήθηκε “αναλογικά” σε σχέση με τη Μ.Θ. της 25ετίας. Μπορεί να εξαιρεθεί το 3^ο 10ήμερο του Ιουνίου όπου παρατηρήθηκε πτώση της θερμοκρασίας.

Οι βροχοπτώσεις και οι θερμοκρασίες μέχρι τη συγκομιδή κινήθηκαν σε ευνοϊκά πλαίσια για την καλλιέργεια, όμως το 3^ο 10ήμερο του Ιουνίου, κατά τη δεύτερη συγκομιδή ίσως να επηρέασαν την ποιότητα της παραγωγής της καλλιέργειας, λόγω της αυξημένης βροχόπτωσης και μειωμένης θερμοκρασίας.

5.2 Αποτελέσματα ανάλυσης ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών της καλλιέργειας

5.2.1 Ύψος Φυτών

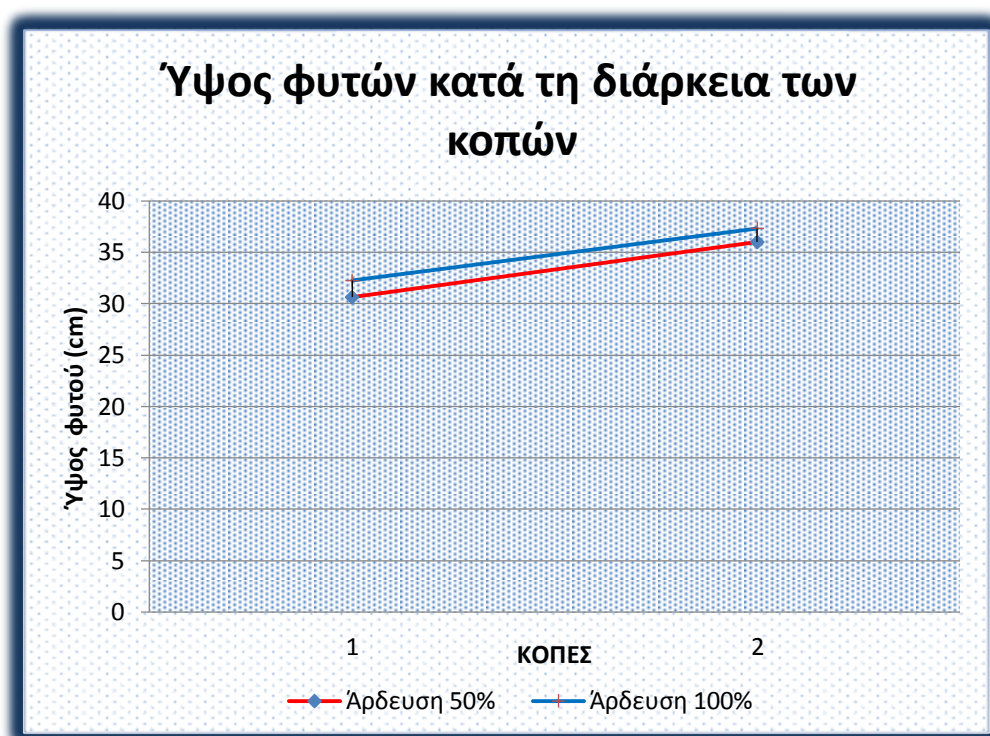
Οι μετρήσεις του ύψους των φυτών των δύο μεταχειρίσεων ήταν συνολικά 2 (δύο κοπές – συγκομιδές) και πραγματοποιήθηκαν στις 04/06/2015 και στις 26/06/2015. Στο διάγραμμα 2 φαίνεται ότι, το μέσο ύψος των φυτών, στις 04/06/2015, στη μεταχείριση με δόση άρδευσης στην οποία καλύπτεται το 50% της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας έφτασε τα 30,63 cm ενώ στη δεύτερη μεταχείριση στην οποία καλύπτεται το 100% της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας έφτασε τα 32,26 cm. Στις 26/6 που πραγματοποιήθηκε η δεύτερη μέτρηση παρατηρείται μεγάλη μεταβολή του μέσου ύψους των φυτών περίπου 6 cm για την μεταχείριση 50% και περίπου 5 cm για την μεταχείριση 100% σε σύγκριση με την πρώτη κοπή. Είναι φανερό ότι η δεύτερη μεταχείριση προσφέρει μεγαλύτερη ανάπτυξη στα φυτά αλλά κατά μέσο όρο το ύψος των φυτών στις δύο κοπές, φαίνεται να διαφέρει ελάχιστα (33,3cm για 50% και 34,8cm για 100%) (διάγραμμα 3).

Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων:

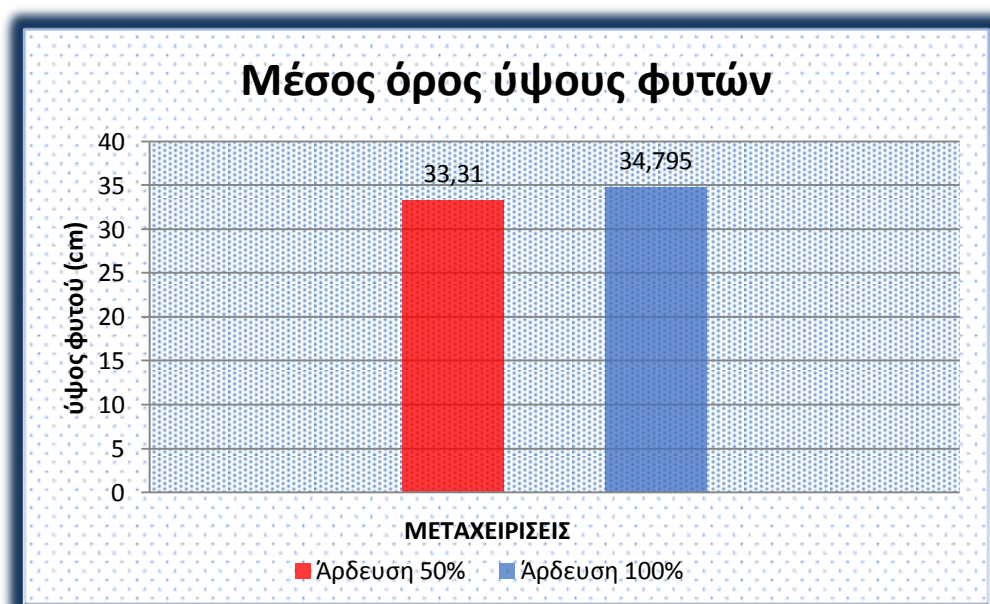
Πίνακας 1. Μέσος όρος και Σημαντικότητα του ύψους των φυτών των δύο μεταχειρίσεων ανά ημερομηνία μέτρησης.

	Μεταχειρίσεις	Μέσοι όροι επαναληπτικών μετρήσεων(cm)	Σημαντικότητα
1 ^η μέτρηση			0,169
04/06/2015	50%	30,63	
	100%	32,26	
2 ^η μέτρηση			0,772
26/06/2015	50%	36,00	
	100%	37,30	

Όπως βλέπουμε πιο πάνω, η σημαντικότητες είναι μεγαλύτερες από 0,05 (δείκτης σημαντικότητας), οπότε δεν έχουμε στατιστικώς σημαντικές διαφορές.



Διάγραμμα 2. Διακύμανση του ύψους των φυτών ανά συγκομιδή

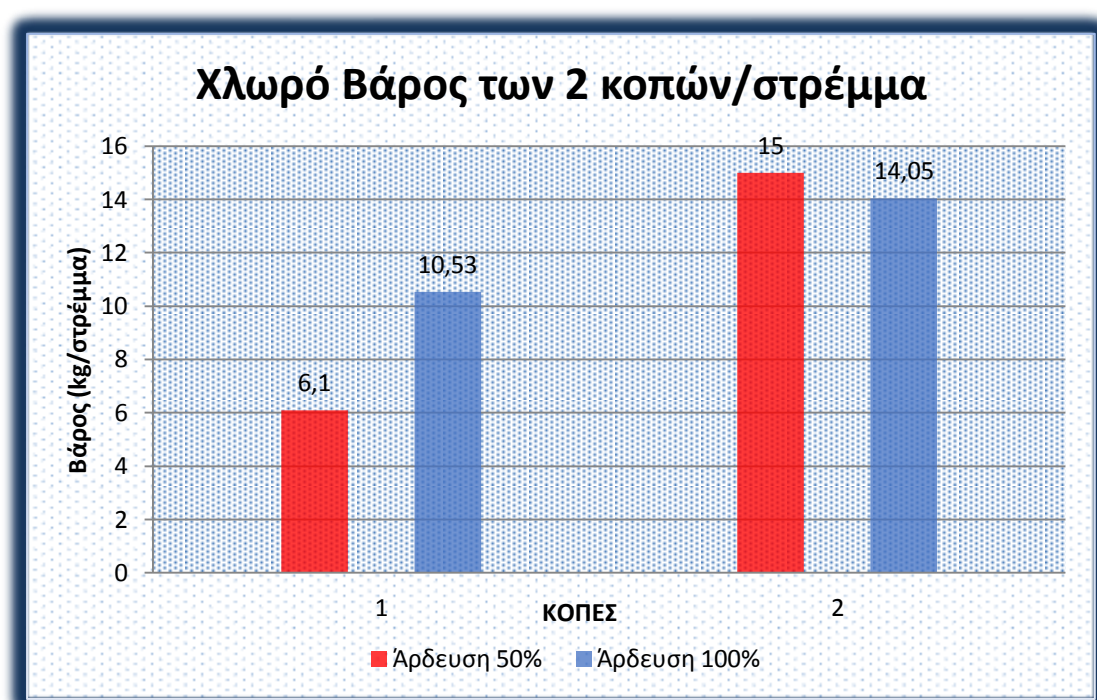


Διάγραμμα 3. Μέσος όρος ύψους για κάθε μεταχείριση.

5.2.2 Μέτρηση χλωρού και ξηρού βάρους.

Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 2 συγκομιδές όπου έγιναν από 2 μετρήσεις, χλωρού και ξηρού βάρους, για την κάθε μεταχείριση. Οι μετρήσεις για το χλωρό βάρος έγιναν την μέρα που έγινε η κοπή και η μέτρηση του ύψους. Συγκεκριμένα η πρώτη μέτρηση

έγινε στις 04/06/2015 και η δεύτερη στις 26/06/2015 οπότε και έγινε η δεύτερη κοπή. Οι μετρήσεις για το ξηρό βάρος έγιναν 10 μέρες μετά από την κάθε κοπή. Όπως φαίνεται πιο κάτω (διαγράμματα 5,6,7 και 8), τα αποτελέσματα ως προς την απόδοση ήταν πολύ μικρά (χαμηλή παραγωγή) σε σχέση με την απόδοση που επιτυγχάνεται από ένα στρέμμα. Ο λόγος είναι γιατί η καλλιέργεια βρισκόταν στο πρώτο έτος (όψιμη σπορά). Μετά από την καταγραφή των μετρήσεων έγινε υπολογισμός σε βάρος (kg) / στρέμμα.

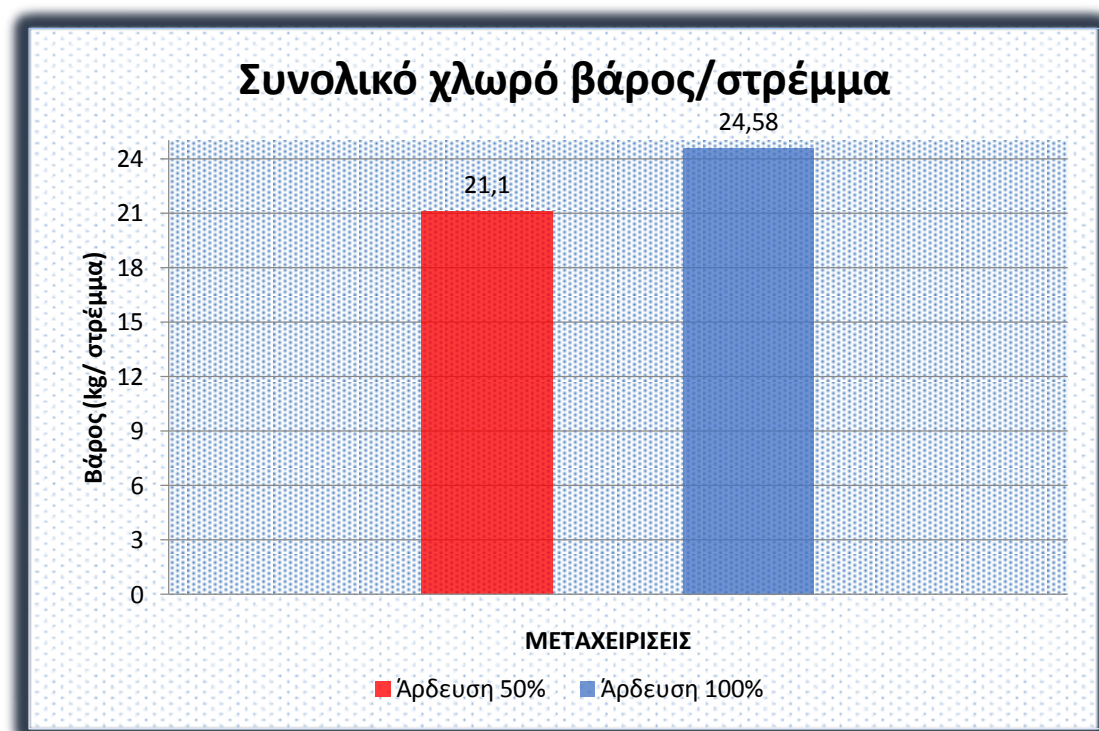


Διάγραμμα 5.: Χλωρό βάρος καλλιέργειας ανά συγκομιδή

Στο διάγραμμα 6 παρατηρούμε το μέσο όρο του συνολικού χλωρού βάρους από κάθε μεταχείριση και για τις δύο κοπές. Στα αξιοσημείωτα είναι ότι η διαφορά του συνολικού χλωρού βάρους είναι αρκετά μικρή χωρίς να παρατηρείτε στατιστικώς στατιστική διαφορά. Η μεταχείριση με το 50% άρδευση έχει συνολικό βάρος 21,1 Kg/στρέμμα και η μεταχείριση με 100% άρδευση 24,58 Kg/στρέμμα.

Να σημειωθεί εδώ πως αυτό που ενδιαφέρει πρωτίτως είναι τα αποτελέσματα του διαγράμματος 6 που αναφέρονται στο σύνολο των δύο κοπών μιας και οι όποιες διαφορές προκύπτουν ανάμεσα στις δύο κοπές, οφείλονται κυρίως στην ανομοιόμορφη ανάπτυξη των φυτών λόγω πρώτης καλλιεργητικής περιόδου και όψιμης φύτευσης. Δηλαδή, το ότι προέκυψαν δύο κοπές δεν οφείλεται σε διπλή

παραγωγή μέσα στην ίδια καλλιεργητική περίοδο αλλά σε ανομοιόμορφο εγκλιματισμό και ανάπτυξη των φυτών.

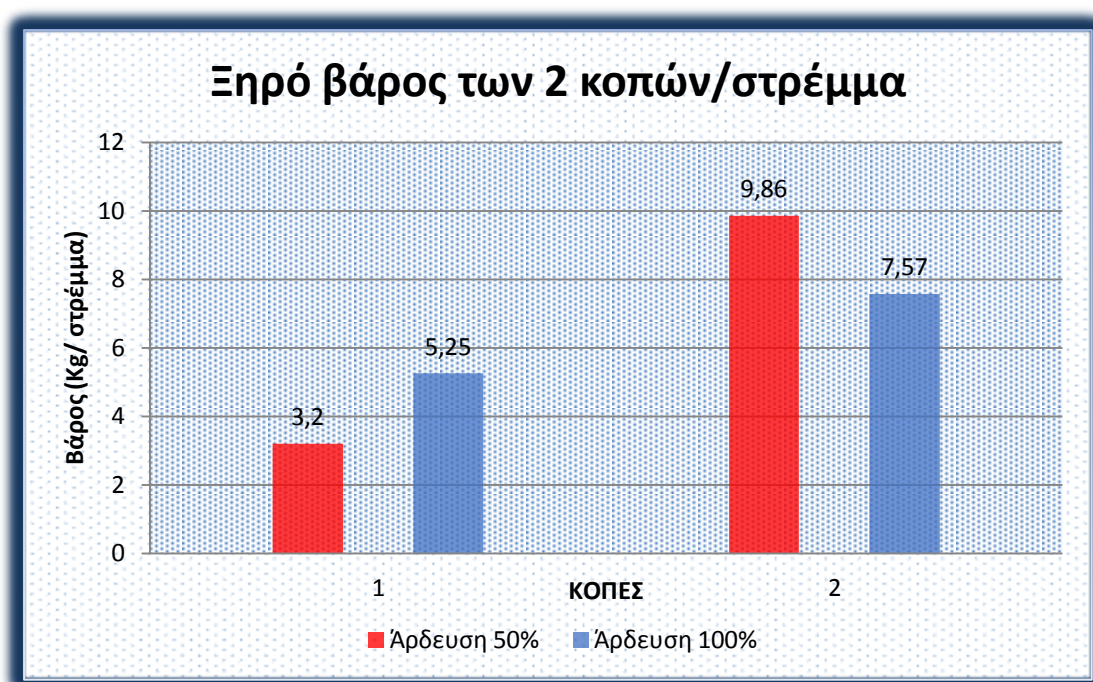


Διάγραμμα 6. Συνολικό χλωρό βάρος

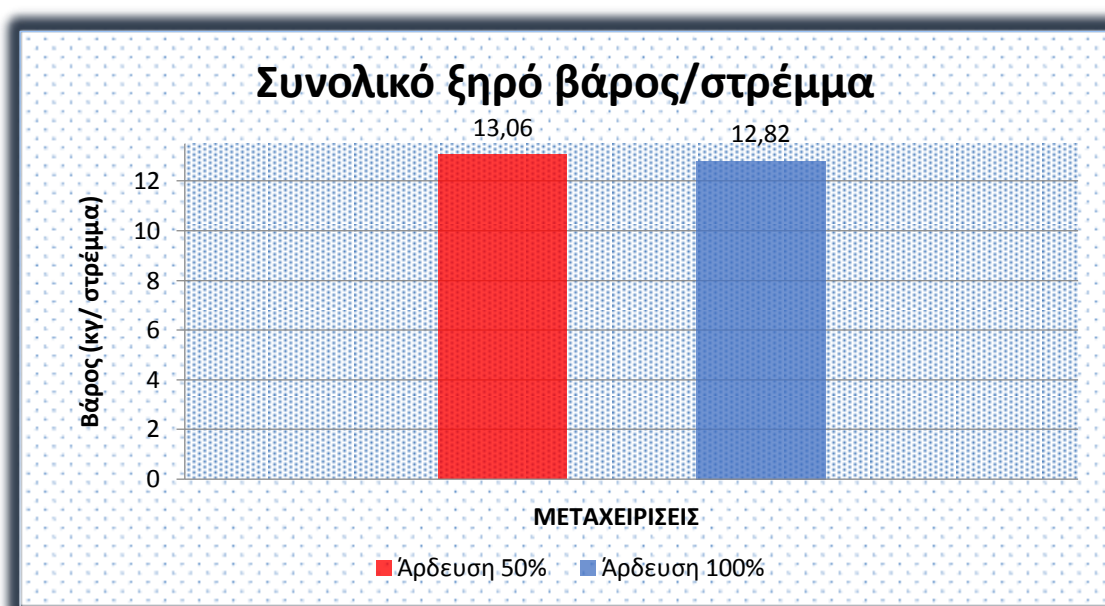
Στα διαγράμματα 7 και 8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων για το ξηρό βάρος. Τα αποτελέσματα αποδεικνύουν και πάλι ότι και στο συνολικό ξηρό βάρος των 2 μεταχειρίσεων η διαφορά είναι αρκετά μικρή χωρίς να παρατηρείτε στατιστικώς στατιστική διαφορά. Η μεταχείριση με το 50% άρδευση έχει συνολικό βάρος 13,06 Kg/στρέμμα και η μεταχείριση με 100% άρδευση 12,82 Kg/στρέμμα.

Παρατηρείται ότι, στο συνολικό χλωρό βάρος, η μεταχείριση 100% έχει μεγαλύτερη απόδοση από τη μεταχείριση 50%, μετά την αποξήρανση συμβαίνει το αντίθετο. Δηλαδή η μεταχείριση (50%) έχει μεγαλύτερη απόδοση από την μεταχείριση (100%). Και πάλι δεν δίνεται βαρύτητα στην σύγκριση των δύο κοπών (διάγραμμα 7) αλλά στο σύνολο της παραγωγής (διάγραμμα 8) για τους ίδιους λόγους όπως και για το χλωρό βάρος.

Η υπεροχή του ξηρού βάρους στην μεταχείριση 50% (διάγραμμα 8) σε αντίθεση με ότι συμβαίνει στο χλωρό βάρος της παραγωγής της καλλιέργειας (διάγραμμα 6) εξηγείται από το πώς επηρεάζει ο παράγοντας νερό την ανάπτυξη και απόδοση της καλλιέργειας.



Διάγραμμα 7. Ξηρό βάρος



Διάγραμμα 8. Συνολικό ξηρό βάρος

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων:

Πίνακας 2: Μέσος όρος και Σημαντικότητα του χλωρού βάρους των φυτών των δύο μεταχειρίσεων ανά ημερομηνία μέτρησης

	Μεταχειρίσεις	Μέσοι όροι επαναληπτικών μετρήσεων(kg/στρ)	Σημαντικότητα
1^η μέτρηση			0,433
04/06/2015	50%	6,10	
04/06/2015	100%	10,53	
2^η μέτρηση			0,839
26/06/2015	50%	15,00	
26/06/2015	100%	14,05	

Πίνακας 3: Μέσος όρος και Σημαντικότητα του ξηρού βάρους των φυτών των δύο μεταχειρίσεων ανά ημερομηνία μέτρησης

	Μεταχειρίσεις	Μέσοι όροι επαναληπτικών μετρήσεων	Σημαντικότητα
1^η μέτρηση			0,445
04/06/2015	50%	3,20	
04/06/2015	100%	5,25	
2^η μέτρηση			0,430
26/06/2015	50%	9,86	
26/06/2015	100%	7,57	

5.2.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά καλλιέργειας

Στον πίνακα 4 παρουσιάζονται αναλυτικά οι ολικές φαινόλες και η αντιοξειδωτική ικανότητα (FRAP) και των τριών επαναλήψεων των δύο μεταχειρίσεων της καλλιέργειας. Παρατηρούμε ότι και στις τρεις επαναλήψεις της μεταχείρισης 50%, τόσο οι ολικές φαινόλες όσο και η αντιοξειδωτική ικανότητα σε σχέση με την μεταχείριση 100 %, είναι αρκετά αυξημένη. Αυτό είναι πολύ ενθαρρυντικό μιας και το συμπέρασμα που προκύπτει είναι πως με την ελλειμματική άρδευση πετυχαίνουμε

εκτός από την εξοικονόμηση αρδευτικού νερού, μεγαλύτερη παραγωγή ξηρής βιομάζας προϊόντος αλλά και καλύτερη ποιότητα παραγωγής.

Πίνακας 4: Ολικές Φαινόλες και Αντιοξειδωτική Ικανότητα (FRAP) και των τριών επαναλήψεων των δύο μεταχειρίσεων της καλλιέργειας αναλυτικά.

Δείγματα	TP (Ολικές Φαινόλες) mg (GAE) /3 g ξηρό βάρος	Αντιοξειδωτική Ικανότητα FRAP mM (TEAC)
50%	63,43	3,6
50%	65,76	3,6
50%	62,94	3,7
100%	50,54	3,3
100%	51,20	3,3
100%	51,20	3,1

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη και σύγκριση των αποτελεσμάτων, για τις δύο μεταχειρίσεις στην πειραματική καλλιέργεια του φυτού «τσάι του βουνού», εξάγονται τα παρακάτω συμπεράσματα:

- Αν και είθισται να καλλιεργείται από κάποιο υψόμετρο και πάνω, το φυτό «τσάι του βουνού» μπορεί να καλλιεργηθεί και σε χαμηλά υψόμετρα (κάμπους) με την προϋπόθεση της άρδευσης.
- Επίσης το φυτό «τσάι του βουνού» δίνει ικανοποιητική παραγωγή ακόμη και με όψιμη φύτευση. Αυτό αποδείχτηκε περίτρανα μέσα από τη μελέτη γιατί η φύτευση έγινε 24/03/2015 (μέσα Άνοιξης) ενώ έπρεπε να γίνει στο μέσο του φθινοπώρου όπως συνήθως γίνεται από τους παραγωγούς της περιοχής.
- Η μέθοδος της επιφανειακής στάγδην άρδευσης είναι η πλέον επικρατέστερη μεταξύ των σύγχρονων και των παραδοσιακών μεθόδων άρδευσης για τη μεγιστοποίηση των αποδόσεων. Αυτό οφείλεται στην άμεση διοχέτευση του αρδευτικού νερού απευθείας στην επιφάνεια του φυτού και ακολούθως στο τμήμα του ενεργού ριζοστρώματος με την ταυτόχρονη διατήρηση ικανοποιητικών τιμών εδαφικής υγρασίας μετά το πέρας της κάθε εφαρμογής και για ικανό χρονικό διάστημα.
- Αναμενόμενο ήταν η παραγωγή να είναι αρκετά μειωμένη σε σχέση με την μέγιστη απόδοση της καλλιέργειας. Μετά από τις μετρήσεις που συλλέχθηκαν, οι αποδόσεις ήταν περίπου 100 φορές πιο μικρές από τη μέγιστη απόδοση ανά στρέμμα. Αυτό οφείλεται στο ότι η καλλιέργεια βρισκόταν στην πρώτη της χρονιά και τα φυτά δεν είχαν ακόμη αναπτυχθεί ικανοποιητικά (μέγιστη απόδοση παραγωγής 3^ο με 4^ο έτος καλλιέργειας).
- Στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην καλλιέργεια για την κάθε μεταχείριση, παρατηρήθηκε διαφορά στα ύψη και στις αποδόσεις μεταξύ των δύο συγκομιδών λόγω του ότι δεν υπήρχε αρκετός χρόνος να εγκλιματιστούν και να αναπτυχθούν ομοιόμορφα τα φυτά (1^ο έτος όψιμης φύτευσης).
- Για τον ίδιο λόγο που αναφέρθηκε πιο πάνω, δηλαδή για την μη ομοιόμορφη ανάπτυξη των φυτών, πραγματοποιήθηκαν 2 κοπές. Το σύνολο της παραγωγής των δύο κοπών για την κάθε μεταχείριση καθώς και το μέσο ύψος των δύο κοπών για κάθε μεταχείριση είναι αυτό που ενδιαφέρει και

μελετήθηκε τελικά για να διατυπωθούν καλύτερα και πιο ξεκάθαρα αποτελέσματα.

- Οι βροχοπτώσεις και οι θερμοκρασίες μέχρι την πρώτη συγκομιδή κινήθηκαν σε ευνοϊκά πλαίσια για την καλλιέργεια, όμως το 3^ο 10ήμερο του Ιουνίου, κατά τη δεύτερη συγκομιδή ίσως να επηρέασαν την ποιότητα του τσαγιού, αλλά όπως αποδείχτηκε από τις ποιοτικές αναλύσεις μόνο αισθητικά, λόγω της αυξημένης βροχόπτωσης και μειωμένης θερμοκρασίας.
- Από την διακύμανση των μετρήσεων και μέσω της στατιστικής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε σε ότι αφορά τα χαρακτηριστικά ανάπτυξης της καλλιέργειας στο ύψος των φυτών η σημαντικότητα για τις δύο μετρήσεις είναι 0,169 και 0,772 που σημαίνει πως τα ύψη και των δύο μεταχειρίσεων δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ του και στις δύο μετρήσεις.
- Από την διακύμανση των μετρήσεων και μέσω της στατιστικής ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε σε ότι αφορά τα παραγωγικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας τόσο για το χλωρό όσο και για το ξηρό βάρος της παραγωγής η σημαντικότητα σε όλες τις αναλύσεις (όπως φαίνεται και στο αντίστοιχο κεφάλαιο) ήταν πάνω από την τιμή 0,05, οπότε εξάγεται το συμπέρασμα ότι σε όλα τα παραγωγικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας δεν παρουσιάζονται στατιστικώς σημαντικές διαφορές.
- Στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας που μελετήθηκαν, οι ολικές φαινόλες και η αντιοξειδωτική ικανότητα (FRAP) και στις τρεις επαναλήψεις των δύο μεταχειρίσεων, παρατηρήθηκε ότι στη μεταχείριση 50%, τόσο οι ολικές φαινόλες όσο και η αντιοξειδωτική ικανότητα σε σχέση με την μεταχείριση 100 %, είναι αρκετά αυξημένη.
- Επομένως αφού οι μέσοι όροι των μετρήσεων τόσο στα παραγωγικά όσο και στα αναπτυξιακά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας δεν παρουσιάζουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ τους και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της καλλιέργειας είναι καλύτερα στην μεταχείριση 50%, συμπεραίνεται ότι, η ελλειμματική άρδευση (μεταξύ των 50% και 100% της εξατμισοδιαπνοής της καλλιέργειας) είναι εξίσου ικανοποιητική (σε ότι αφορά την πρώτη καλλιεργητική περίοδο) δίνοντας ικανοποιητικές αποδόσεις με επίτευξη μεγάλης εξοικονόμηση αρδευτικού νερού.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ONEWAY IPSOS BY METAXEIRISI

```

/STATISTICS DESCRIPTIVES
/MISSING ANALYSIS
/POSTHOC=DUNCAN LSD ALPHA(0.05) .

```

Oneway

Notes

Output Created		08-louv-2016 19:12:34
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet0
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data	12
Missing Value Handling	File	
	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
Cases Used		Statistics for each analysis are based on cases with no missing data for any variable in the analysis.
Syntax		ONEWAY IPSOS BY METAXEIRISI /STATISTICS DESCRIPTIVES /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=DUNCAN LSD ALPHA(0.05).
Resources	Processor Time	00:00:00,015
	Elapsed Time	00:00:00,015

[DataSet0]

Descriptives

IPSOS

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
50	3	29,9667	1,18462	,68394	27,0239	32,9094
75	3	28,1333	2,75741	1,59199	21,2835	34,9831
100	3	32,2667	,85049	,49103	30,1539	34,3794
Total	9	30,1222	2,37686	,79229	28,2952	31,9492

Descriptives

IPSOS

	Minimum	Maximum
50	28,60	30,70
75	25,50	31,00
100	31,30	32,90
Total	25,50	32,90

ANOVA

IPSOS

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	25,736	2	12,868	3,967	,080
Within Groups	19,460	6	3,243		
Total	45,196	8			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable:IPSOS

(I) METAXEIRISI (J) METAXEIRISI		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
LSD	50 75	1,83333	1,47045	,259
	50 100	-2,30000	1,47045	,169
	75 50	-1,83333	1,47045	,259
	75 100	-4,13333*	1,47045	,031
	100 50	2,30000	1,47045	,169
	100 75	4,13333*	1,47045	,031

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Multiple Comparisons

Homogeneous Subsets

Dependent Variable: IPSOS

	(I) METAXEIRISI	(J) METAXEIRISI	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
LSD	50	75	-1,7647	5,4314
		100	-5,8981	1,2981
	75	50	-5,4314	1,7647
		100	-7,7314	-,5353
	100	50	-1,2981	5,8981
		75	,5353	7,7314

IPSOS

	METAXEIRISI	N	Subset for alpha = 0.05	
			1	2
Duncan ^a	75	3	28,1333	
	50	3	29,9667	29,9667
	100	3		32,2667
	Sig.		,259	,169

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

ONEWAY IPSOS 2 KOPI BY METAXEIRISI
 /STATISTICS DESCRIPTIVES
 /MISSING ANALYSIS
 /POSTHOC=DUNCAN LSD ALPHA(0.05) .

Oneway

Notes		
Output Created		08-louv-2016 20:28:28
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet0
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data	23
	File	
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on cases with no missing data for any variable in the analysis.
Syntax		ONEWAY IPSOS_2_KOPI BY METAXEIRISI /STATISTICS DESCRIPTIVES /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=DUNCAN LSD ALPHA(0.05).
Resources	Processor Time	00:00:00,015
	Elapsed Time	00:00:00,015

[DataSet0]

Multiple Comparisons

Descriptives

IPSOS_2_KOPI

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
50	3	36,0000	3,40441	1,96554	27,5430	44,4570
75	3	37,7333	5,66157	3,26871	23,6692	51,7974
100	3	37,3333	6,61539	3,81939	20,8998	53,7669
Total	9	37,0222	4,74019	1,58006	33,3786	40,6659

Descriptives

IPSOS_2_KOPI

	Minimum	Maximum
50	32,30	39,00
75	31,20	41,20
100	31,90	44,70
Total	31,20	44,70

ANOVA

IPSOS_2_KOPI

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4,942	2	2,471	,085	,920
Within Groups	174,813	6	29,136		
Total	179,756	8			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable:IPSOS_2_KOPI

(I) METAXEIRISI (J) METAXEIRISI		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
LSD	50 75	-1,73333	4,40723	,708
	— 100	-1,33333	4,40723	,772
	75 50	1,73333	4,40723	,708
	— 100	,40000	4,40723	,931
	100 50	1,33333	4,40723	,772
	— 75	-,40000	4,40723	,931

Dependent Variable:IPSOS_2_KOPI

(I) METAXEIRISI (J) METAXEIRISI		95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound
LSD	50 75	-12,5174	9,0508
	— 100	-12,1174	9,4508
	75 50	-9,0508	12,5174
	— 100	-10,3841	11,1841
	100 50	-9,4508	12,1174
	— 75	-11,1841	10,3841

Homogeneous Subsets

IPSOS_2_KOPI			
METAXEIRISI		N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan ^a	50	3	36,0000
	100	3	37,3333
	75	3	37,7333
	Sig.		,716

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

ONEWAY APODOSI_XLORO_1 BY METAXEIRISI
 /STATISTICS DESCRIPTIVES
 /MISSING ANALYSIS
 /POSTHOC=DUNCAN LSD ALPHA(0.05) .

Oneway

Notes		
Output Created		08-louv-2016 20:30:05
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet0
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data	23
	File	
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on cases with no missing data for any variable in the analysis.
Syntax		ONEWAY APODOSI_XLORO_1 BY METAXEIRISI /STATISTICS DESCRIPTIVES /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=DUNCAN LSD ALPHA(0.05).
Resources	Processor Time	00:00:00,016
	Elapsed Time	00:00:00,033

[DataSet0]

Descriptives

APODOSI_XLORO_1

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
50	3	91,6667	45,36886	26,19372	-21,0358	204,3692
75	3	41,1000	17,41637	10,05535	-2,1647	84,3647
100	3	158,3333	161,06624	92,99164	-241,7774	558,4441
Total	9	97,0333	98,33176	32,77725	21,4489	172,6178

Descriptives

APODOSI_XLORO_1

	Minimum	Maximum
50	40,00	125,00
75	21,50	54,80
100	33,00	340,00
Total	21,50	340,00

ANOVA

APODOSI_XLORO_1

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20745,087	2	10372,543	1,099	,392
Within Groups	56607,993	6	9434,666		
Total	77353,080	8			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: APODOSI_XLORO_1

(I) METAXEIRISI (J) METAXEIRISI		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
LSD	50 75	50,56667	79,30811	,547
	50 100	-66,66667	79,30811	,433
	75 50	-50,56667	79,30811	,547
	75 100	-117,23333	79,30811	,190
	100 50	66,66667	79,30811	,433
	100 75	117,23333	79,30811	,190

Multiple Comparisons

Dependent Variable: APODOSI_XLORO_1

	(I) METAXEIRISI	(J) METAXEIRISI	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
LSD	50	75	-143,4933	244,6266
		100	-260,7266	127,3933
	75	50	-244,6266	143,4933
		100	-311,2933	76,8266
	100	50	-127,3933	260,7266
		75	-76,8266	311,2933

Homogeneous Subsets

APODOSI_XLORO_1

	METAXEIRISI	N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan ^a	75	3	41,1000
	50	3	91,6667
	100	3	158,3333
	Sig.		,203

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

```

GET
  FILE='D:\User\Documents\DEDOMENA OLA.sav'.
DATASET NAME DataSet1 WINDOW=FRONT.
ONEWAY APODOSI_XLORO_2 BY METAXEIRISI
  /MISSING ANALYSIS
  /POSTHOC=DUNCAN LSD ALPHA(0.05).

```

Oneway

Notes		
Output Created		09-louv-2016 14:43:16
Comments		
Input	Data	D:\User\Documents\DEDOMENA OLA.sav
	Active Dataset	DataSet1
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data	23
	File	
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on cases with no missing data for any variable in the analysis.
Syntax		ONEWAY APODOSI_XLORO_2 BY METAXEIRISI /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=DUNCAN LSD ALPHA(0.05).
Resources	Processor Time	00:00:00,016
	Elapsed Time	00:00:00,015

[DataSet1] D:\User\Documents\DEDOMENA OLA.sav

ANOVA

APODOSI_XLORO_2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	5680,727	2	2840,363	,422	,674
Within Groups	40402,133	6	6733,689		
Total	46082,860	8			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: APODOSI_XLORO_2

	(I) METAXEIRISI	(J) METAXEIRISI	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
LSD	50	75	-44,73333	67,00094	,529
		100	14,23333	67,00094	,839
	75	50	44,73333	67,00094	,529
		100	58,96667	67,00094	,413
	100	50	-14,23333	67,00094	,839
		75	-58,96667	67,00094	,413

Multiple Comparisons

Dependent Variable: APODOSI_XLORO_2

	(I) METAXEIRISI	(J) METAXEIRISI	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
LSD	50	75	-208,6787	119,2121
		100	-149,7121	178,1787
	75	50	-119,2121	208,6787
		100	-104,9787	222,9121
	100	50	-178,1787	149,7121
		75	-222,9121	104,9787

Homogeneous Subsets

APODOSI_XLORO_2

METAXEIRISI		N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan ^a	100	3	211,5000
	50	3	225,7333
	75	3	270,4667
	Sig.		,427

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

ONEWAY APODOSI_KSIRO_1 BY METAXEIRISI
 /STATISTICS DESCRIPTIVES
 /MISSING ANALYSIS
 /POSTHOC=DUNCAN LSD ALPHA(0.05) .

Oneway

Notes		
Output Created		08-louv-2016 20:33:46
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet0
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data	23
	File	
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on cases with no missing data for any variable in the analysis.
Syntax		ONEWAY APODOSI_KSIRO_1 BY METAXEIRISI /STATISTICS DESCRIPTIVES /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=DUNCAN LSD ALPHA(0.05).
Resources	Processor Time	00:00:00,015
	Elapsed Time	00:00:00,031

[DataSet0]

Multiple Comparisons

Descriptives

APODOSI_KSIRO_1

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
50	3	48,8333	24,71282	14,26795	-12,5567	110,2234
75	3	24,2333	9,72951	5,61733	,0639	48,4028
100	3	80,0333	76,45746	44,14274	-109,8975	269,9642
Total	9	51,0333	47,16262	15,72087	14,7809	87,2857

Descriptives

APODOSI_KSIRO_1

	Minimum	Maximum
50	21,00	68,20
75	13,00	30,00
100	20,30	166,20
Total	13,00	166,20

ANOVA

APODOSI_KSIRO_1

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4692,240	2	2346,120	1,074	,399
Within Groups	13102,260	6	2183,710		
Total	17794,500	8			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: APODOSI_KSIRO_1

(I) METAXEIRISI (J) METAXEIRISI		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
LSD	50 75	24,60000	38,15503	,543
	50 100	-31,20000	38,15503	,445
	75 50	-24,60000	38,15503	,543
	75 100	-55,80000	38,15503	,194
	100 50	31,20000	38,15503	,445
	100 75	55,80000	38,15503	,194

Dependent Variable: APODOSI_KSIRO_1

(I) METAXEIRISI (J) METAXEIRISI		95% Confidence Interval	
		Lower Bound	Upper Bound
LSD	50 75	-68,7620	117,9620
	— 100	-124,5620	62,1620
	75 50	-117,9620	68,7620
	— 100	-149,1620	37,5620
	100 50	-62,1620	124,5620
	— 75	-37,5620	149,1620

Homogeneous Subsets

APODOSI_KSIRO_1			
METAXEIRISI		N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan ^a	75	3	24,2333
	50	3	48,8333
	100	3	80,0333
	Sig.		,207

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

ONEWAY APODOSI_KSIRO_2 BY METAXEIRISI
 /STATISTICS DESCRIPTIVES
 /MISSING ANALYSIS
 /POSTHOC=DUNCAN LSD ALPHA(0.05) .

Oneway

Notes		
Output Created		08-louv-2016 20:36:50
Comments		
Input	Active Dataset	DataSet0
	Filter	<none>
	Weight	<none>
	Split File	<none>
	N of Rows in Working Data	23
	File	
Missing Value Handling	Definition of Missing	User-defined missing values are treated as missing.
	Cases Used	Statistics for each analysis are based on cases with no missing data for any variable in the analysis.
Syntax		ONEWAY APODOSI_KSIRO_2 BY METAXEIRISI /STATISTICS DESCRIPTIVES /MISSING ANALYSIS /POSTHOC=DUNCAN LSD ALPHA(0.05).
Resources	Processor Time	00:00:00,016
	Elapsed Time	00:00:00,031

[DataSet0]

Multiple Comparisons

Descriptives

APODOSI_KSIRO_2

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
50	3	148,0000	15,09967	8,71780	110,4903	185,5097
75	3	150,6667	53,16327	30,69383	18,6018	282,7316
100	3	113,6667	66,07824	38,15029	-50,4808	277,8141
Total	9	137,4444	46,63183	15,54394	101,6000	173,2888

Descriptives

APODOSI_KSIRO_2

	Minimum	Maximum
50	132,00	162,00
75	103,00	208,00
100	38,00	160,00
Total	38,00	208,00

ANOVA

APODOSI_KSIRO_2

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2554,889	2	1277,444	,516	,621
Within Groups	14841,333	6	2473,556		
Total	17396,222	8			

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: APODOSI_KSIRO_2

(I) METAXEIRISI (J) METAXEIRISI		Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.
LSD	50 75	-2,66667	40,60834	,950
	50 100	34,33333	40,60834	,430
	75 50	2,66667	40,60834	,950
	75 100	37,00000	40,60834	,397
	100 50	-34,33333	40,60834	,430
	100 75	-37,00000	40,60834	,397

Dependent Variable: APODOSI_KSIRO_2

(I) METAXEIRISI (J) METAXEIRISI			95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
LSD	50	75	-102,0317	96,6984
		— 100	-65,0317	133,6984
	75	50	-96,6984	102,0317
	—	— 100	-62,3650	136,3650
	100	50	-133,6984	65,0317
		— 75	-136,3650	62,3650

Homogeneous Subsets

APODOSI_KSIRO_2			
METAXEIRISI		N	Subset for alpha = 0.05
			1
Duncan ^a	100	3	113,6667
	50	3	148,0000
	75	3	150,6667
	Sig.		,411

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.